

5192 / 15 / 14 / 91 ✓

Page 1
1/1/97

TUGAS AKHIR

SISTEM PENGENDALIAN BANJIR LAHAR PADA DAS REJALI LUMAJANG



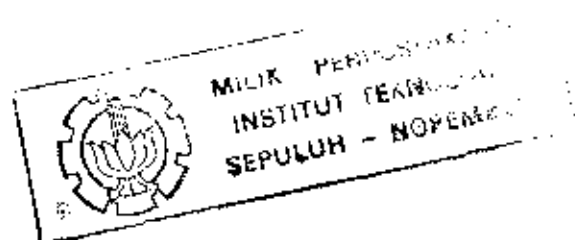
Disusun Oleh :

Maimun Asih

3823103002

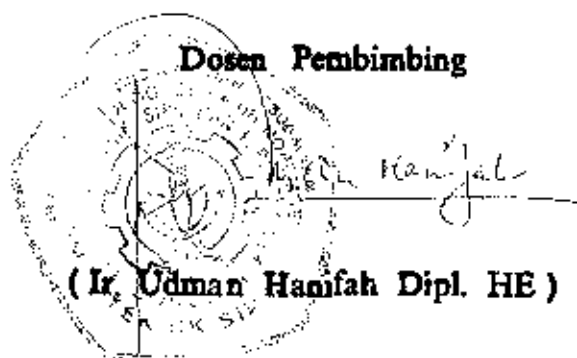
PSS
627.4
Asi
C-1
1990

**BIDANG STUDI HIDROTEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1990**



TUGAS AKHIR

SISTEM PENGENDALIAN BANJIR LAHAR PADA DAS REJALI LUMAJANG



Dosen Pembimbing

(Ir. Odman Hanifah Dipl. HE)

**BIDANG STUDI HIDROTEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1990**



Kata Pengantar

Dengan mengucapkan syukur Kehadirat Allah SWT atas rahmad dan hidayahNYA yang telah dilimpahkan kepada hambanya dan dengan bantuan berbagai pihak, tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini pula kami mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- Bapak Ir Harwiyono, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Ibu Ir Anggrahini Msc, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, FTSP - ITS
- Bapak Ir Udman Hanifah Dipl HE, selaku dosen pembimbing
- Segenap Karyawan Proyek Gunung Semeru , Lumajang.

Tugas akhir ini merupakan kewajiban bagi setiap mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya untuk dapat memperoleh gelar Kesarjanaan.

Disadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangannya dikarenakan terbatasnya kemampuan penulis, data yang tersedia serta waktu. Sehingga tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran dan Kritikan-kritikan dari para pembaca agar dapat mengarah menuju kesempurnaan dalam perbaikan tugas akhir ini.

Akhirnya penulis mengharap semoga Allah SWT membalas budi baik semuanya.

Surabaya , September 1990

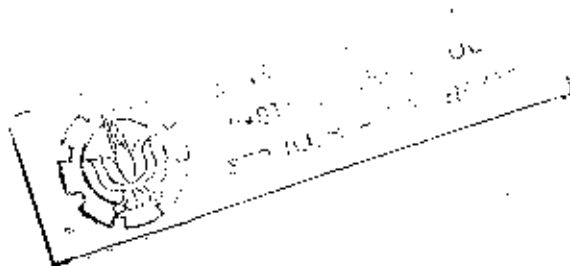
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar	1
Daftar Isi	iii
BAB I Pendahuluan	I - 1
1.1 Latar belakang	I - 1
1.2 Proyek Gunung Semeru	1 - 2
1.2.1 Usaha Penanggulangan	I - 3
1.2.1.1 Pola Penanggulangan	1 - 3
1.2.1.2 Realisasa Pelaksanaan	I - 7
1.2.1.3 Program Yang Akan Datang	I - 9
1.3 Permasalahan	1 - 10
1.4 Maksud Dan Tujuan	I - 10
1.5 Keadaan dan Potensi Wilayah	I - 11
 BAB II Uraian Umum Tentang DAS Rejali	 II - 1
2.1 Keadaan Pengaliran K. Koboan - K. Rejali	II - 1
2.2 Pengaruh Sungai Terhadap Lingkungan	II - 2
2.3 Jenis Kerusakan Akibat Banjir Lahar	II - 3
2.4 Rencana Pengendalian Banjir Lahar	II - 7
2.4.1 Studi-Studi Yang Dilakukan	II - 7
2.4.2 Prioritas Penanggulangan	II - 8
2.4.3 Penetapan Bangunan Pengendali	II - 10
 BAB III Alternatif Sistim Pengendali	 III - 1
3.1 U m u m	III - 1
3.2 Prinsip Pengendalian Material	III - 3
3.2.1 Alternatif Sistim Pengendali	III - 4

BAB IV	Evaluasi Sediment Dan Hidrologi	IV - 1
4.1	Tinjauan Gerak sediment	IV - 1
4.2	Sediment Yang Perlu Dikendalikan	IV - 4
4.3	Pemilihan Basic Point	IV - 4
4.4	H i d r o l o g i	IV - 6
4.4.1	U m u m	IV - 6
4.4.2	Data Curah Hujan DAS Rejali	IV - 6
4.4.3	Analisa Hidrologi	IV - 10
4.4.3.1	Perhitungan Hujan Rata-Rata	IV - 10
4.4.3.2	Perhitungan Hujan Rencana	IV - 14
4.4.3.3	Perhitungan Debit Banjir Rencana	IV - 22
4.4.3.4	Perhitungan Debit Rata-Rata Bulanan..	IV - 39
4.5	Analisa Sediment	IV - 55
4.5.1	Perhitungan Erosi Permukaan	IV - 55
4.5.2	Perhitungan Erosi Tanah Gundul	IV - 60
4.5.3	Analisa Angkutan Sediment	IV - 61
4.5.4	Total Sediment Load	IV - 75
BAB V	Sistim Pengendalian Dengan Linier Programic ...	V - 1
5.1	Macam Bangunan Pengendali & Fungsinya	V - 1
5.2	Sistim Pengendalian Yang Disarankan	V - 4
5.3	Sistim Pengendali Dengan Linier Programic	V - 4
5.3.1	Dasar-Dasar perencanaan	V - 5
5.3.2	Perhitungan Dengan Linier Programic.....	V - 7
5.3.2.1	Hubungan Antara Tinggi Bangunan Dengan Cost	V - 8

5.3.2.2 Hubungan Antara Tinggi Bangunan Dengan	
Volume Tampungannya	V - 19
5.3.3 Penyelesaian Dengan Program Lindo	V - 68
BAB VI Kesimpulan Dan Saran	VI - 1
Gambar-Gambar	



B A B - I

P E N D A H U L U A N

1.1 Latar Belakang

Gunung Semeru terletak di Propinsi Jawa Timur diperbatasan kabupaten Lumajang dan Malang dengan posisi geologi ⁰ 86 5 LS, ⁰ 112 55 BT merupakan daerah yang subur untuk pertanian. Ia mempunyai dua lubang kepundan yakni Mahameru dengan elevasi 3676 m dan Jonggring Seloko dengan elevasi 3744,5 m diatas muka laut rata-rata. Kawah Mahameru kini sudah tidak aktif lagi dan kegiatan kini beralih kekawah Jonggring Seloko. Letusan-letusan dari kawah pada umumnya berlangsung terus menerus selang waktu antara 20 menit sampai 45 menit.

Dikenal dua macam bahaya pada gunung Semeru yaitu bahaya Primer dan Bahaya Sekunder. Bahaya Primer adalah bahaya yang ditimbulkan secara langsung karena terjadinya letusan gunung berapi, dimana material lava, batu, pasir maupun awan panasnya mengalir dengan kecepatan dan suhu yang tinggi. Material erupsi yang terdiri dari campuran batu, kerikil, pasir dan debu dan bahan-bahan lain yang lazim disebut lahar, diendapkan dilereng-lereng gunung bahkan dihulu anak sungai. Lahar ini merupakan bahan endapan lepas yang labil. Bahaya Sekunder terjadi karena meluncurnya endapan-endapan lepas oleh

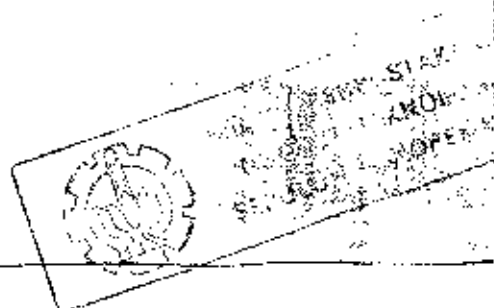
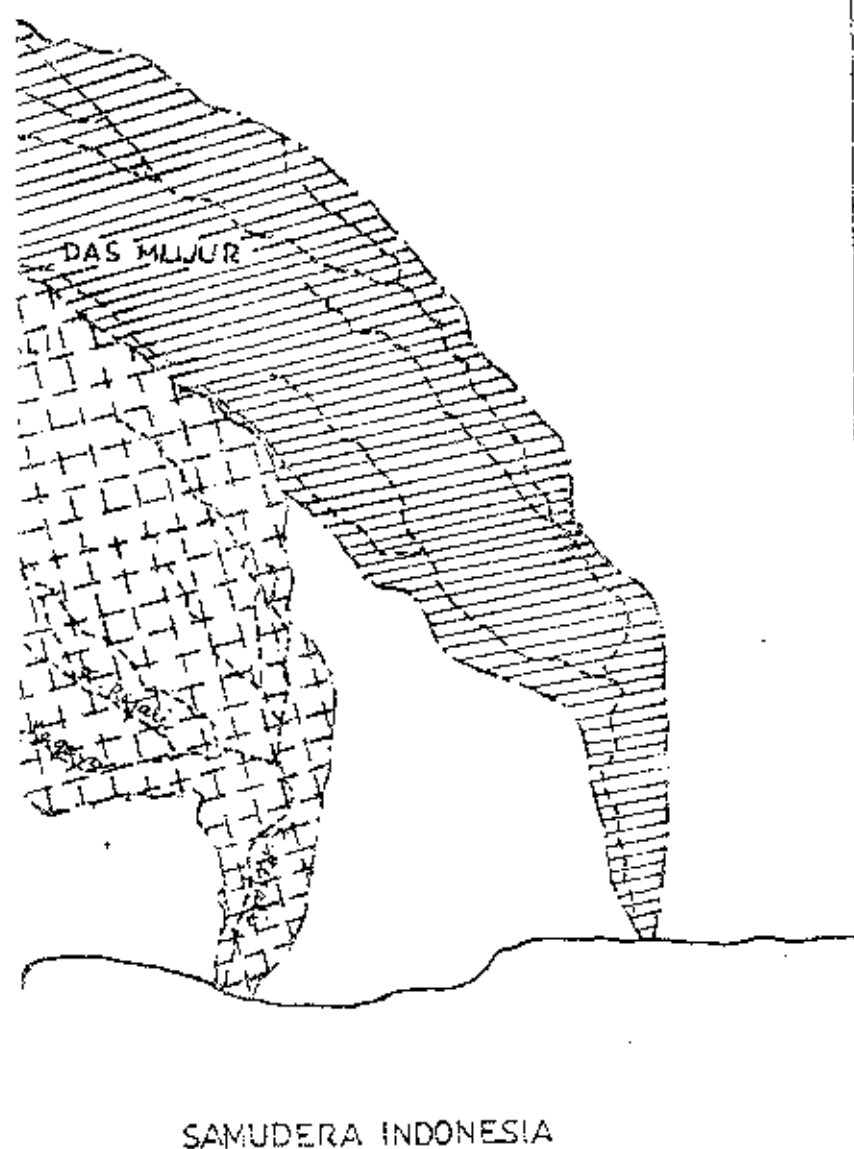
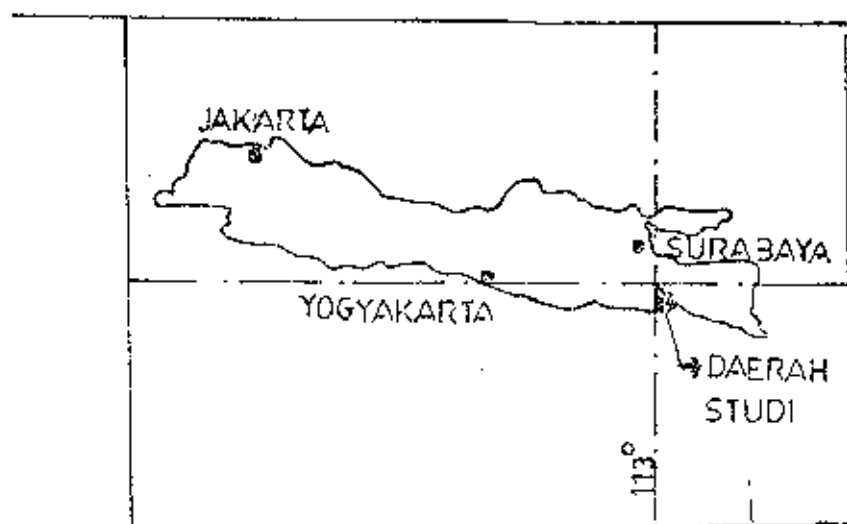
adanya hujan yang jatuh dilereng gunung, biasa disebut dengan banjir lahar. Hujan yang ada akan menyebabkan kejenuhan air yang cukup tinggi pada meterial yang ada dan selanjutnya material tersebut akan meluncur kebawah, kemudian campuran bahan ini akan diendapkan disepanjang daerah alirannya.

Dari sekian banyak sungai yang mengalir dari gunung berapi ini hanya beberapa yang bersumber dipuncak gunung Semeru, diantaranya DAS Glidik, DAS Mujur dan DAS Rejali. (Gambar 1.1)

Dengan meluncurnya endapan-endapan lepas tersebut maka akan menimbulkan bencana pada ketiga daerah aliran sungai tersebut. Dari tiga sungai yang termasuk dalam daerah aliran sungai diatas yang dianggap paling membahayakan adalah K. Glidik (anak sungai utama DAS Glidik), K. Besuk Koboan (anak sungai utama DAS Rejali), K. Besuk Sat (anak sungai utama DAS Mujur). Dari sungai-sungai inilah awal timbulnya malapetaka karena menjadi tempat aliran dari bahan vulkanik sebagai hasil dari Kegiatan disekitar kawah.

1.2 Proyek Gunung Semeru

Dari Kejadian-Kejadian yang pernah tercatat menunjukkan bahwa kegiatan gunung Semeru hampir terjadi sepanjang tahun, yang kadang-kadang merupakan letusan-



Letusan-letusan yang berlangsung singkat dengan disertai keluarnya bahan-bahan vulkanik.

Pada bulan Nopember 1976 terjadi banjir lahar besar didaerah aliran K. Besuk Koboan, K. Leprak dan K. Rejali, korban jiwa dan kerugian harta benda yang ditimbulkannya cukup besar. Untuk menanggulangi bencana tersebut berdasarkan S.K. DIRJEN PENGAIRAN D.P.U No 33 / KPTS / DIRJEN AIR / 1975, tanggal 31 Maret 1977 dibentuklah Proyek Gunung Semeru.

1.2.2 Usaha Penanggulangan

1.2.2.1 Pola Penanggulangan

Usaha penanggulangan bencana alam akibat letusan gunung Semeru secara umum dapat digolongkan kedalam dua usah, yaitu :

A. Usaha Penanggulangan Non Struktural, yaitu usaha pencegahan terjadinya korban jiwa dan kerugian material bila terjadi banjir, yang dilaksanakan dengan pembagian daerah bahaya, sistim pemberitaan dan lokasi pengungsian, meliputi :

a. Pengawasan Gunung Semeru Dan Pengamatan Banjir

Kegiatan yang mendahului kegiatan pemberitaan adalah kegiatan pengawasan / pengamatan dengan mendirikan pos pengamatan gunung berapi disekitar gunung Semeru.

yaitu di Tawonsongo, G. Sawur dan Argosuko. Sedang untuk pos pengamatan banjir terletak di :

- K. Mujur : Besuk Sat, Munggir, Bendo
Kertosari, Kedung Wringin dan
Sumbersuko
- K. Ireng-ireng : Senduro dan Pagoan.
- K. Pancing : Penanggal, G. Sawur bawah dan
Paririan
- K. Curah Koboan : Curah Koboan, G. Sawur
atas dan Pasirian.

b. Pemberitaan Bahaya Banjir

Sistim pemberitaan sebagai berikut :

- b.1. Sistim pemberitaan tradisional, dengan menggunakan alat kentongan.
- b.2. Sistim pemberitaan telepon, hubungan antara pos-pos pengamatan banjir dilakukan dengan menggunakan telepon yang dikoordinir dan berpusat di kantor Dinas Pengairan Pakelan, Sampean Lumajang.
- b.3. Sistim pemberitaan radio.

c. Peta Daerah Bahaya Dan Guncuk Pelarian

- c.1 Peta Daerah Bahaya, pembuatan peta bahaya didasarkan pada pustaka yang ada dan pengalaman letusan diwaktu lampau, dibagi dalam tiga daerah bahaya, yaitu :

Daerah Terlarang, daerah yang sering tertimpa awan panas, yang harus dikosongkan dari pemukiman penduduk.

Daerah Bahaya I, daerah yang mudah dicapai oleh bom-bom vulkanis seperti batu dan kerikil bila kegiatan gunung api meningkat.

Daerah Bahaya II, daerah yang berdekatan dengan sungai-sungai pembawa material lahar.

c.2 Gumuk Pelarian, merupakan tempat pengungsian / pangasingan sementara selama banjir berlangsung.

B. Usaha Penanggulangan Struktural, yaitu usaha pengendalian banjir sehingga tidak menimbulkan bencana, yang dilaksanakan dengan pembuatan bangunan fisik kendali banjir, misalnya Dam Penahan Sedimen, Kantong Lahar, Tanggul dan sebagainya.

Adanya kejadian bencana alam banjir tanggal 14 Mei 1981 Proyek Gunung Semeru bekerja sama dengan team JICA (Japan Internasional Cooperation Agency). Team tersebut mengadakan studi kelayakan diwilayah Kerja Proyek Gunung Semeru , dari hasil studi ini kemudian disusun rencana sebagai berikut :

- Program Penanggulangan Darurat.
- Revisi / Modifikasi Master Plan.

- Program Penanggulangan Darurat

Dalam melaksanakan penanggulangan darurat ini, bangunan/pekerjaan darurat yang telah dibuat diantaranya, tanggul Kertosari, tanggul Keloposawit, tanggul Gondoruso, bangunan ini dimaksudkan untuk mencegah penyelewengan banjir bila terjadi banjir susulan.

Pekerjaan tersebut seperti tertera pada tabel dibawah ini:

Tabel 1.1

No Paket	Jenis Pekerjaan Darurat
I	Pembangunan tanggul Kebondeli
II	Pembangunan tanggul Kertosari
III	Pembangunan tanggul Klopasawit
IV	Pembangunan tanggul Gondoruso
V	Rehabilitasi Dam Penahan Sedimen Koboan 1

Pelaksanaan pekerjaan tersebut direncanakan sejak Nopember 1985 sampai dengan Desember 1986, tapi karena pengadaan peralatan maka realisasi pelaksanaan fisik baru dapat dimulai pada tahun 1987 / 1988.

- Revisi / Modifikasi Master Plan

Penyusunan suatu Master Plan (Rencana Induk) Penanggulangan Bencana Alam akibat letusan gunung Semeru dengan merevisi / memodifikasi Master Plan, yang sebelumnya sudah dimiliki Proyek Gunung Semeru untuk

menanggulangi banjir yang setingkat dengan bencana alam banjir pada tanggal 14 Mei 1981.

- Penanggulangan Jangka Panjang

Penanggulangan jangka panjang berpedoman pada Master Plan Penanggulangan Bencana Alam akibat letusan gunung Semeru, yang telah selesai disusun pada tahun 1984 bekerjasama dengan team JICA.

1.2.2.2 Realisasi Pelaksanaan

Realisasi pelaksanaan terhitung sejak berdirinya Proyek Gunung Semeru pada tahun anggaran 1977 / 1978 sampai dengan tahun anggaran 1988 / 1989

Realisasi tahun anggaran 1977 / 1978 sampai dengan tahun 1988 / 1989

Pelaksanaan pekerjaan fisik tertera dalam tabel 1.2 dan gambar 1.2, dimana pada jumlah akhir disebutkan volume yang masih berfungsi. perbedaan yang timbul disebabkan karena dari seluruh pekerjaan yang telah dilaksanakan ada :

- Sebagian hanya merupakan perkuatan, perbaikan, peninggian atau peningkatan kualitas.
- Sebagian telah rusak, hilang terpendam atau tidak berfungsi sama sekali akibat adanya banjir.

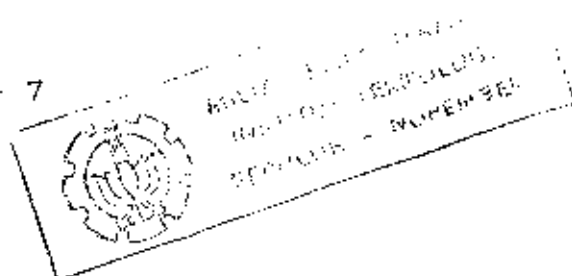


TABLE 1.2 Realisasi Pelaksanaan Fisik / Konstruksi
Tahun 1977/1978 s/d 1988/1989

No Pelaksanaan	Fisik / Konstruksi					
	Tanggal	Dan penahan sedimen	crab	Pertukutan lebing	Normalisasi A	Pergerakan
A Swakelola						
1	1977 - 1978	--				
2	1978 - 1979	--				
3	1979 - 1980	--	8 m' / 20h		354 m'	
4	1980 - 1981	454 m'	--		350 m'	5 ha
5	1981 - 1982	215 m'	155 m' / 10 bh		800 m'	--
6	1982 - 1983	1059 m'	15 m' / 1 bh		900 m'	0,5
7	1983 - 1984	1425 m'	250 m' / 20 bh		--	--
8	1984 - 1985	3000 m'	--		--	--
9	1985 - 1986	523 m'	106 m' / 4 bh		--	--
10	1986 - 1987	530 m'	--		320 m'	0,42
11	1987 - 1988	756 m'	143 m' / 1 bh		500 m'	--
12	1988 - 1989	1217,5 m'	65 m' / 2 bh	20	--	--
Jumlah		9184 m'	--	742 m' / 40 bh	20	3224 m'
B Diberangkan						
1	1977 - 1978	524 m'	2 bh	--	--	--
2	1978 - 1979	498 m'	--	88 m' / 2 bh	--	--
3	1979 - 1980	689 m'	1 bh	--	--	--
4	1980 - 1981	1917 m'	3 bh	26 m' / 2 bh	--	--
5	1981 - 1982	587,4 m'	1 bh	--	160 m'	--
6	1982 - 1983	1902 m'	1 bh	--	--	--
7	1983 - 1984	792 m'	2 bh	--	--	--
8	1984 - 1985	1825 m'	--	--	481 m'	--
9	1985 - 1986	1065 m'	--	900 m' / 21 bh	305 m'	--
10	1986 - 1987	1254 m'	--	106 m' / 2 bh	295 m'	--
11	1987 - 1988	3531 m'	--	--	--	--
12	1988 - 1989	6959 m'	--	194 m' / 8 bh	--	--
Jumlah		21.545 m'	10 bh	1305 m' / 25 bh	1141 m'	--
Jumlah yang masih berfungsi		13.562,7 m'	6 bh	1108 m' / 25 bh	1066 m'	5925

atau alur sungai yang perpindah.

1.2.2.3 Program Yang Akan Datang

Dibagi menjadi dua tahapan yaitu :

A. Program Jangka Pendek adalah program yang akan dilaksanakan tahun anggaran 1989 / 1990, dengan tujuan untuk pengamanan daerah pemukiman dan pertanian dengan sasaran pengamanan daerah aliran sungai Rejali, Glidik dan Mujur seluas 2800 ha.

B. Program Jangka Panjang adalah rencana-rencana pekerjaan dalam REPELITA V.

Adapun program REPELITA V tujuan maupun sasaran masih tetap sama, dengan sasaran pengamanan daerah seluas 10000 ha.

1.3 Permasalahan

Dari ketiga DAS yang bersumber pada Gunung Semeru yang paling sering mengalami banjir adalah DAS Rejali, hal ini disebabkan karena tingginya frekwensi banjir. Menurut hasil survey team JICA pada tahun 1983 frekwensi banjir pada DAS Rejali 3,5 kali DAS Mujur, demikian pula jumlah volume material yang dialirkannya lebih besar dari pada DAS Mujur dan DAS Glidik. Sementara itu bangunan kendali yang telah dibangun untuk mengontrol material sangat kurang. Sehingga menyebabkan material yang

turun kehilir tetap tinggi, akibatnya terjadi pendangkalan dasar sungai yang menyebabkan aliran mudah menyeleweng dari alur sungai, seperti kejadian banjir tanggal 15 Juni, 15 Juli dan 2 Agustus 1988.

1.4 Maksud Dan Tujuan

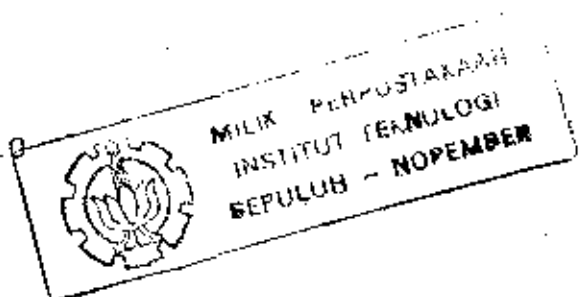
Studi ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat erosifitas daerah aliran sungai serta mengetahui kemampuan penampang sungai dalam mengalirkan sediment.

Selanjutnya dapat dipakai untuk menetapkan sistem bangunan pengendali, agar dapat mencegah meluasnya bencana dan dapat memberikan perlindungan bagi daerah pemukiman, lahan pertanian serta bangunan prasarana yang dianggap vital (jembatan, bangunan irigasi dsb), untuk saat ini dan masa yang akan datang.

1.6 Keadaan Dan Potensi Wilayah

Daerah gunung Semeru adalah daerah yang sering menderita karena bencana yang disebabkan adanya kegiatan gunung Semeru. Daerah ini terletak dalam wilayah kabupaten Lumajang, dengan meliputi 16 (enam belas) kecamatan potensial, yang dilindungi dari segala bencana.

Kepadatan penduduk tertinggi terdapat di kecamatan Lumajang yang merupakan pusat jaringan lalu lintas perekonomian.



Industri utama didaerah ini adalah pertanian, dari luas total daerah Kabupaten, 86 % diantaranya adalah tanah pertanian yang terdiri dari 21,35 % atau 38.229 Ha merupakan sawah, dan selebihnya untuk tanaman lainnya, (lihat tabel 1.6).

Daerah Kabupaten Lumajang yang diperkirakan dapat terancam oleh kegiatan gunung Semeru meliputi 9. (sembilan) Kecamatan dari 16 (enam belas) kecamatan yang ada, dengan tingkat kerawanan yang berbeda, diantaranya :

- Kecamatan Lumajang. - Kecamatan candipuro.
- Kecamatan Pasirian. - Kecamatan Pronojiwo.
- Kecamatan Tempeh. - Kecamatan Tekung.
- Kecamatan Senduro. - Kecamatan Tempursari.
- Kecamatan Yosowilangun.

TABEL 1.6
Hasil Pertanian Rakyat

Kecamatan	Padl	Jagung	Sayuran	Kapas	Kopi
	(ton / tahun)				
Lumajang	29839	2485	570	830	-
Sukodono	19196	6374	2136	4013	-
Senduro	14045	7027	977	780	789
Gucialit	133	4846	354	3107	140
Klakah	7314	14918	2978	8553	10
Ranuyoso	-	10488	2742	8393	4
Randuagung	15979	8043	2250	920	8
Pasirian	32437	6126	11	1187	21
Tempeh	21274	3742	281	1661	-
Candipuro	41334	2020	17	1362	580
Ponojiwo	11814	423	-	14697	704
Yosowilangun	26362	4478	1647	594	-
Jatiroto	25404	2543	676	3200	-
Kunir	11109	4968	1587	880	-
Tekung	11580	1849	806	589	-
Tempursari	274	540	-	1200	200
Total	268.094	80.870	17.032	51.966	2.456

Sumber : Statistik Lumajang

B A B - II

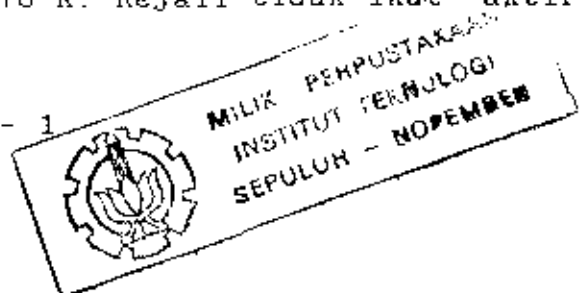
Uraian Umum Tentang Daerah Aliran Sungai Rejali

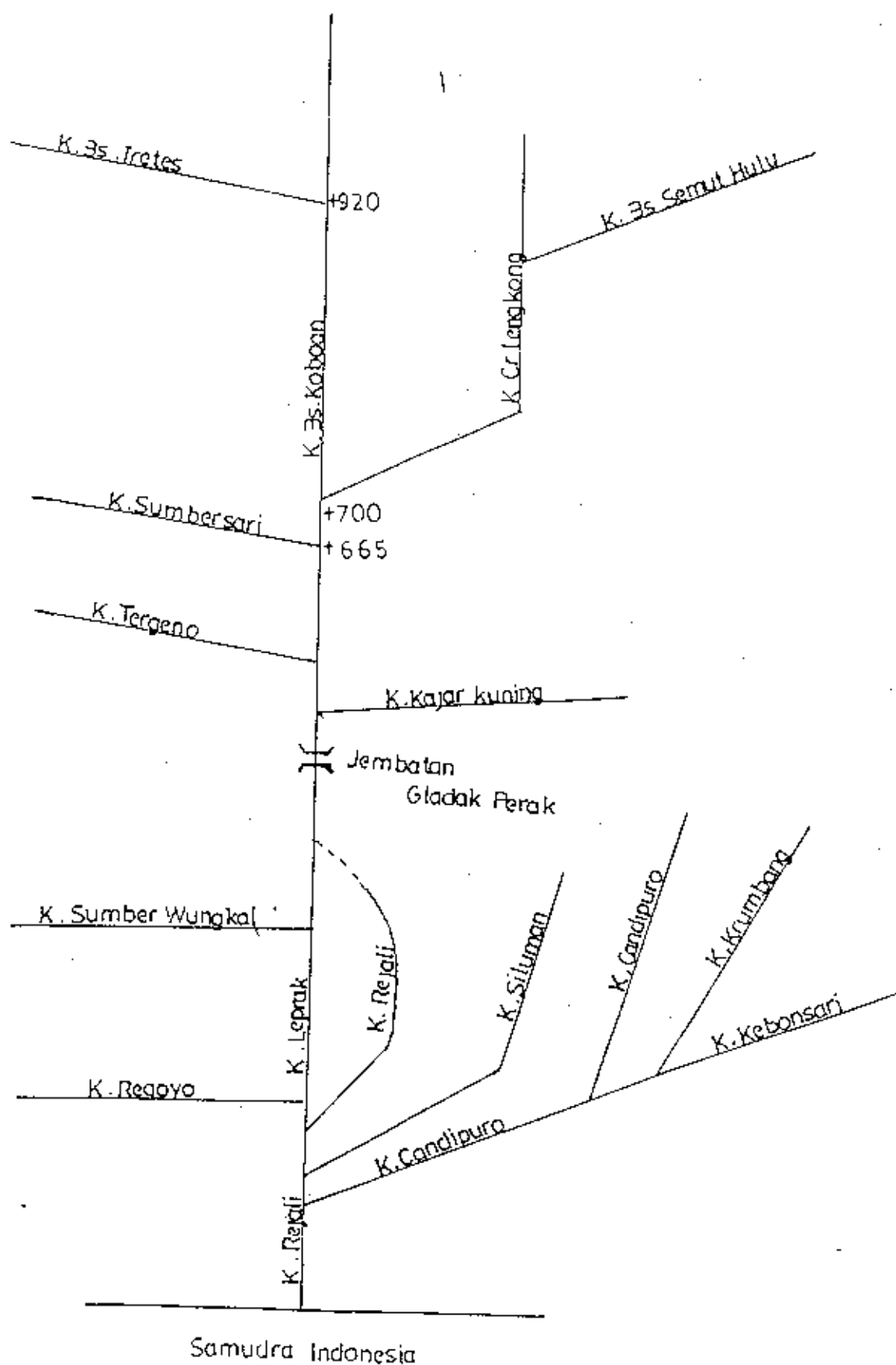
1 Keadaan Pengaliran Sungai

Daerah aliran sungai Rejali terletak dibagian Tenggara gunung Semeru dengan luas $\pm 131.35 \text{ km}^2$ dan panjang sungai utama $\pm 44,1 \text{ km}$. Terbentuk dari beberapa anak sungai, diantaranya K. Besuk Koboan, K. Regoyo, K. Rejali yang merupakan anak-anak sungai utama. (Gambar 2.1 Sketsa Aliran K. Rejali Dan Anak-anak Sungainya).

Diantara anak-anak sungai tersebut K. Besuk Koboan merupakan sungai yang saat ini menjadi perhatian, hal ini disebabkan K. besuk Koboan sejak tahun 1941 ikut menampung aliran lahar dingin dari K. Besuk Semut Hulu melalui K. Curah Lengkong, sehingga dapat dipastikan bahwa K. Besuk Koboan secara aktif menjadi lintasan banjir lahar.

Pada bagian hulu sungai tersebut merupakan sungai kecil dengan tebing sungai yang sempit dan dalam, makin kehilir penampang sungai makin lebar. Pada ketinggian $\pm 500 \text{ m}$ menerobos pegunungan Tersier, dibawah pegunungan ini K. Besuk Koboan melintasi dataran alluvial. Dengan secara tiba-tiba melalui dataran yang lebar, maka bahan lepas yang terbawa oleh sungai ini mulai menyebar. Dari kejadian yang pernah tercatat, aliran disungai ini pernah berubah suatu ketika masuk K. Rejali dan suatu ketika masuk K. Leprak. Namun sejak tahun 1976 K. Rejali tidak ikut aktif





GAMBAR 2.1

SKETSA ALIRAN S REJATI
DAN ANAK SUNGAINYA

melewatkan banjir lahar yang dicurahkan lewat K. Besuk Koboan dan aliran pindah ke K. Leprak, seperti kejadian bulan Mei '81 dimana aliran lahar lebih banyak ditumpahkan ke K. Leprak. Dengan keadaan aliran seperti tersebut diatas maka kemungkinan terjadi perubahan aliran cukup besar mengingat kondisi alur sungai yang sangat labil.

2.2 Pengaruh Sungai Terhadap Lingkungan

Daerah sepanjang sungai Leprak - Rejali dimanfaatkan penduduk untuk lahan pertanian, dengan memanfaatkan air sungai tersebut untuk keperluan irigasi, dengan tanaman padi dan jagung. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sepanjang sungai tersebut bermanfaat terhadap lingkungannya, hal ini disebabkan karena pengaruh sampingan dari kegiatan gunung yang menghasilkan material-material letusan yang banyak mengandung mineral yang dibutuhkan oleh tanaman, sekaligus menambah kesuburan tanah.

Disamping mengusahakan pertanian, penduduk didaerah ini juga mengusahakan peternakan dan perkebunan. Tata guna didaerah ini selain sebagai lahan pertanian juga digunakan untuk pemukiman dengan berbagai fasilitas-fasilitas umum, seperti rumah ibadah, sekolah, puskesmas, pasar dan sebagainya. Namun demikian apabila terjadi banjir lahar atau erosi dibagian up-stream, maka sungai akan berubah menjadi sesuatu yang menakutkan.

Penyelewengan aliran lahar sangat dikawatirkan hingga dapat mencapai daerah pemukiman, dan akan berakibat cukup fatal. Kerusakan dan korban jiwa pasti tidak dapat dihindari lagi, bila hal ini sampai terjadi. Untuk itu diperlukan pengaturan aliran lahar secara baik agar dapat mencegah terjadinya penyelewengan aliran, sehingga bahaya yang dapat ditimbulkan dapat ditekan sekecil mungkin, disamping manfaat bagi daerah disekitarnya dapat ditingkatkan.

2.3 Jenis Kerusakan Akibat Banjir Lahar

Jenis kerusakan yang terjadi pada DAS Rejali akibat banjir lahar, antara lain :

1. Kerusakan yang terjadi disungai itu sendiri.
2. Kerusakan-kerusakan bangunan teknis.
3. Kerusakan yang berhubungan dengan masalah-masalah sosial.

Ketiga jenis kerusakan tersebut saling berhubungan, sehingga sulit untuk memisahkan secara tegas, mana yang lebih besar terhadap pengaruh kerugian yang ditimbulkannya.

1. Kerusakan yang terjadi disungai itu sendiri

Jenis kerusakan ini erat hubungannya dengan material / lahar yang dibawa oleh sungai dari daerah hulu, sehingga menimbulkan masalah erosi dan sedimentasi



disungai. Masalah sedimentasi dapat menimbulkan pendangkalan dasar sungai, sehingga kemampuan sungai untuk mengalirkan debit menjadi berkurang. Masalah erosi akan dapat merusak struktur atau bentuk tampang yang ada.

2. Kerusakan bangunan-bangunan teknis

Umumnya kerusakan ini terjadi pada bangunan pengairan dan bangunan yang melintang diatas sungai.

Kerusakan yang terjadi pada bangunan-bangunan teknis yang terdapat pada DAS Rejati, antara lain :

- Rusaknya bangunan-bangunan dan pengendali

Faktor yang mempengaruhi kerusakan bangunan kendali banjir lahar, antara lain :

- Gerosan pada pondasi baik check dam maupun tanggul.
- Hantaman material lahar pada sayap check dam, keausan pada crest dam dan bronjong.
- Keseimbangan antara jumlah bangunan kendali dengan jumlah sediment yang perlu dikendalikan.

Ketiga faktor tersebut pada DAS Rejati pengaruhnya masih sangat besar.

- Rusaknya tanggul umumnya didahului dengan gerosan pada lantai, selanjutnya lantai menjadi menggantung dan kemudian diikuti dengan longsohnya matras talud. Bila aliran banjir cukup besar dan lama, lantai dan

talud dapat hanyut bahkan tanggul dapat terputus sama sekali.

- Hantaman material lahar pada crest dam dan sayap check dam menyebabkan pasangan rusak, yang akhirnya dapat jebol bila menerima hantaman yang berulang-ulang.

Pada Keseimbangan antara jumlah bangunan pengendali dengan jumlah sedimen yang perlu dikendalikan mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap keefektifan penanggulangan.

Macam bangunan pengendali yang rusak pada DAS Rejali, tertera pada tabel 2.3

Tabel 2.3

Macam Bangunan Pengendali Yang Rusak Pada DAS Rejali

Nama Bangunan	Jenis Kerusakan
Dam Penahan Sedimen K. Besuk Koboan 1	Sayap bagian kanan hancur hilang sama sekali
Dam Penahan Sedimen Leprak 1	Kerusakan pada bagian peluapnya
Dam Penahan Sedimen Leprak 2	Tertimbun oleh material
Tanggul Leprak 15	Sebagian pasangan matras dan pasangan batu kosong hanyut
Tanggul Regoyo	Sebagian besar matras rusak berat
Tanggul Leprak 8	Bagian hilir tanggul hanyut.

Sumber : Supporting Report 1, JICA.

- Tidak berfungsinya bangunan-bangunan irigasi

- Sistim pengambilan air untuk irigasi yang terdapat pada DAS Rejali menggunakan sistim pengambilan bebas, karena banyaknya sediment yang masuk ke K. Leprak - K. Rejali dapat mengganggu jaringan irigasi dan sawah-sawah pertanian akibat adanya pendangkalan endapan pasir. umumnya dengan menggunakan pengambilan bebas.

- Putusnya jembatan

- Terjadi penyelewengan aliran banjir pada K. Summersari (anak sungai dari K. Besuk Koboan) yang menyebabkan jalan dan jembatan dusun Summersari putus dan mengancam dusun Kamar A, Summersari, Supit Urang (Kecamatan Pronojiwo), tepatnya pada tanggal 13 Nopember 1988.

3. Kerusakan yang berhubungan dengan masalah sosial

Jenis kerusakan ini adalah yang paling sulit dalam menentukan taksiran, beberapa kerusakan yang terjadi akibat penyelewengan aliran pada daerah sekitar aliran sungai Rejali, antara lain :

- Rusaknya lahan pertanian.
- Rusaknya rumah-rumah penduduk.
- Rusaknya daerah-daerah perkampungan, dsb.



2.4 Rencana Pengendalian Banjir Lahar

2.4.1 Studi-Studi Yang Dilakukan

Seperti yang telah dijelaskan pada Bab dimuka tentang penanggulangan struktural yang dilakukan oleh Proyek Gunung Semeru, dalam mengatasi / menanggulangi bencana alam Proyek Semeru bekerja sama dengan team JICA . Setelah kejadian banjir bandang pada bulan Mei '81 yang terjadi di hulu K. Besuk Sat / K. Mujur yang mengakibatkan korban jiwa +365 orang, maka daerah aliran sungai Mujur sebagai sasaran utama untuk penanggulangan darurat.

Tujuan penanggulangan ini untuk mencegah terjadinya korban dan kerusakan apabila terjadi bencana lagi yang sebesar bencana Mei '81 atau bahkan lebih besar lagi.

Sementara itu pada tahun 1982 sampai dengan tahun 1984 telah dilaksanakan Feasibility Study On The Volcanic Debris Control And Conservation Project pada gunung Semeru oleh team JICA, dimana tujuan studi ini adalah :

1. Untuk mengidentifikasi dan menetapkan sistim penanggulangan yang akan melindungi daerah studi dari bahaya banjir lahar, untuk saat ini dan untuk waktu yang akan datang, dengan jalan meriview Master Plan yang telah ada.

2. Untuk menetapkan feasibilitynya.

Pada hasil akhir dari studi ini daerah yang akan ditanggulangi dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Prioritas Pertama : daerah aliran sungai Rejati.
2. Prioritas Kedua : daerah aliran sungai Mujur melanjutkan rencana yang belum ditangani dalam penanggulangan darurat.

2.4.2 Prioritas Penanggulangan

Didalam menetapkan rencana prioritas pertama yang disusun oleh team JICA, pertimbangan-pertimbangan yang diambil dalam menentukan prioritas penanggulangan dalam hal ini meliputi :

- Potensi bencana, meliputi :
 - Besarnya bencana.
 - Frekwensi bencana.
- Potensi sosial ekonomi didaerah bencana, meliputi :
 - Penduduk.
 - Produksi pertanian.
 - Barang tak bergerak.
 - Sarana umum.
 - Pengaruh dalam hal pengurangan bahaya dan bangunan-bangunan

yang telah ada.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adanya pertimbangan-pertimbangan tersebut diatas yang menetapkan DAS Rejali sebagai prioritas pertama setelah penanggulangan darurat adalah sebagai berikut :

- K. Besuk Koboan, K. Leprak dan K. Lengkong akan menjadi daerah yang lebih rawan bencana dibandingkan dengan K. Besuk Sat / K. mujur, setelah pekerjaan darurat.
- Prosentase daerah bencana dengan tingkat yang tinggi didaerah K. besuk Koboan, K. Leprak lebih besar dari pada K. Besuk Sat / K. Mujur.
- Berdasarkan Master Plan, spesifik sedimen volume dari K. Besuk Koboan dan K. Leprak kira-kira adalah tiga kali Besuk Sat.
- Frekwensi bencana di daerah K. Besuk Koboan dan K. Leprak sesudah tahun 1942 kira-kira adalah 1,6 kali Besuk Sat / K. Mujur.
- Kapasitas total dari bangunan-bangunan pengendali lahar yang ada disepanjang K. Besuk Koboan, K. Leprak dan K. Lengkong

diperkirakan lebih kecil dari Besuk Sat / K.
Mujur.

2.4.3 Penetapan Bangunan Pengendali

Dengan mendasarkan pada Master Plan yang ada serta dari hasil studi yang dilakukan, maka disusunlah suatu tahapan pelaksanaan penanggulangan untuk DAS Rejati, sebagai berikut :

TAHAPAN PENANGGULANGAN DAS REJALI

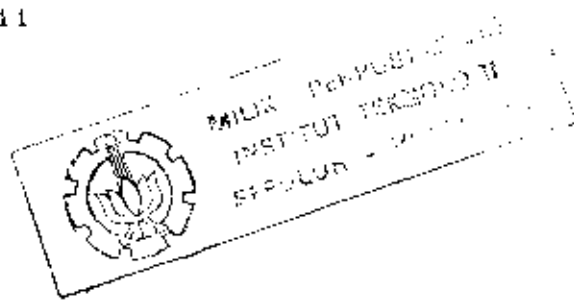
MENURUT MASTER PLAN

TAHAPAN	JENIS BANGUNAN	NAMA SUNGAI	NAMA BANGUNAN
I	CHECK DAM	BS. KOBAN	DAM PENAHAN SEDIMEN 3 - 7
		C. LENGKONG	DAM PENAHAN SEDIMEN 1 & 2
	SAL. PENGHUBUNG	LENGKONG	SALURAN DAM PENAHAN SEDIMEN 3 - 7
II	TANGGUL	LEPRAK	TANGGUL 12 - 13
	KANTONG LAHAR	LEPRAK	KANTONG LAHAR 1 - 3
III	TANGGUL	LEPRAK	TANGGUL 14 - 25
	PENGALIAN ALUR SUNGAI	LEPRAK	
IV	DAM KONSOLIDASI	LEPRAK	DAM KONSOLIDASI 2 - 22
	TANGGUL	LEPRAK	

SUMBER : SUPPORTING REPORT I, JICA

Pada tahapan I dan tahapan II dipilih untuk prioritas pertama penanggulangan pada DAS Rejali berdasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Bangunan-bangunan pengendali lahar yang



- termasuk dalam tahapan I dan II diperkirakan mampu mengendalikan material dengan periode ulang 100 tahun (dari hasil team JICA).
- Tujuan dari pada tahapan III dan IV adalah pengamanan daerah setempat dari bencana dan konservasi air daerah setempat.

B A D - III

Alternatif Sistem Pengendali

3.1 UMUM

Didalam pengendalian sedimen hasil dari letusan gunung berapi pada prinsipnya adalah menahan di hulu, mengatur / mengendalikan ditengah dan menarik dihilir.

Secara garis besar bangunan pengendali pada sungai dibagi menjadi tiga daerah, dimana masing-masing daerah akan mempunyai bangunan dengan tujuan pengendalian yang berlainan, meliputi :

1. Bagian Hulu (Up Stream)

Pada bagian ini sungai pada umumnya terletak dilereng gunung dan mempunyai kemiringan dasar yang besar (curam), sehingga dapat mempercepat gerakan turunnya material.

Usaha yang dilakukan didaerah ini adalah pengereman terhadap kecepatan turunnya material serta menahan material besar sebanyak-banyaknya dibagian hulu sungai yaitu didaerah produksi.

Bangunan pengendali yang diperlukan adalah :

- Terassering.
- Check Dam / Sabo Dam.
- Konsolidasi Dam.

2. Bagian Tengah (Mid Stream)

Pada bagian ini aliran lebih tenang dengan kemiringan dasar sungai yang masih cukup curam, sehingga kecepatan aliran juga masih cukup besar dan mulai ada pengendapan sedimen.

Bentuk bangunan disini berupa bangunan yang bertujuan untuk menampung sebagian material halus yang turun untuk dikendalikan turunnya ke daerah yang lebih hilir.

Bangunan pengendali yang diperlukan adalah :

- Sabo Dam / Check Dam.
- Konsolidasi Dam.
- Perbaikan Sungai.

3. Bagian Hilir (Down Stream)

Disini aliran lebih tenang dengan kemiringan dasar sungai landai, muka air sungai dengan daratan tidak berbeda jauh karena banyak terjadi pengendapan, sehingga pada waktu banjir sering terjadi peluapan.

Bangunan disini berupa bangunan pengendali yang mempunyai fungsi pokok sebagai bangunan terakhir yang mengatur sedimen untuk masuk kelaut, serta diperlukan perbaikan sungai untuk menanggulangi luapan banjir yang terjadi.

Bangunan pengendali yang diperlukan adalah :

- Kantong Pasir / Lahar.
- Drempei / Tanggul Silang.
- Perbaikan Sungai.

3.2 Prinsip Pengendalian Material

Sejalan pada sub bab 3.1, serta dengan memperhatikan bencana yang terjadi / melanda DAS Rejali yang menyebabkan tidak sedikit fasilitas bangunan pengendali mengalami rusak berat, maka langkah-langkah yang diperlukan untuk mengatasi banjir lahar pada DAS Rejali adalah sebagai berikut :

Langkah Pertama :

- Mengurangi material yang mengalir ke hilir menuju daerah alluvial fan atau material sedapat mungkin ditahan di K. Besuk Koboan bagian hulu.

Langkah Kedua :

- Pengaturan alur sungai, penahanan material dan pengurangan daya rusak banjir lahar didaerah alluvial fan.

Langkah Ketiga :

- Pengamanan-pengamanan daerah dari banjir lokal.

Langkah Keempat :

- Penetapan alur sungai dan dasar sungai.

Dengan langkah-langkah tersebut kiranya dapat dipilih alternatif pengendalian yang sesuai dengan kondisi medan.

3.2.1 Alternatif Sistem Pengendali

Sebelum menetapkan / memilih alternatif bangunan pengendali yang dapat diterapkan / ditempatkan pada DAS Rejali, perlu kiranya memperhatikan aliran lahar yang terjadi pada daerah aliran sungai tersebut.

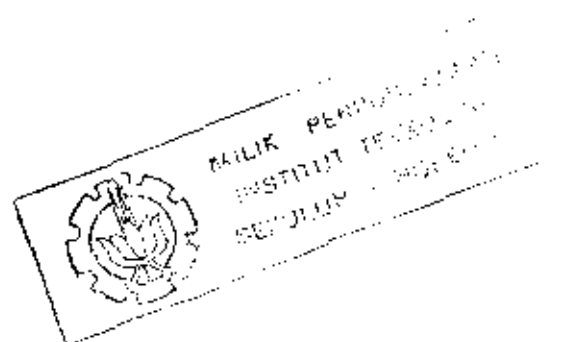
- Endapan lahar yang terdapat pada daerah produksi bersifat labil, membentuk suatu daerah dengan kemiringan yang cukup terjal. Pada kondisi tersebut pada saat hujan akan sangat memungkinkan terjadinya gullies, dan pada saat hujan lebat tebing-tebing gullies akan mudah longsor, sehingga menimbulkan aliran debris yang selanjutnya dapat menimbulkan banjir lahar.
- K. Besuk Koboan merupakan jalur transportasi yang mempunyai sifat stabil, dalam arti bahwa jalur lintasan aliran lahar akan selau tetap / tidak berpindah-pindah. Bagian hilir dari sungai ini berakhir pada celah sempit yang berdinding batuan masif dan bertebing tinggi, pada sistem aliran lahar yang ada, celah ini merupakan suatu bottle neck atau penyempitan alur yang berpengaruh pada sistem aliran lahar dibawah celah tersebut.
- Lepas dari bagian celah tersebut aliran lahar mulai menyebar, hal ini disebabkan adanya perubahan tampang sempit kebentuk tampang lebar, karena derasnya aliran dibagian hilir.

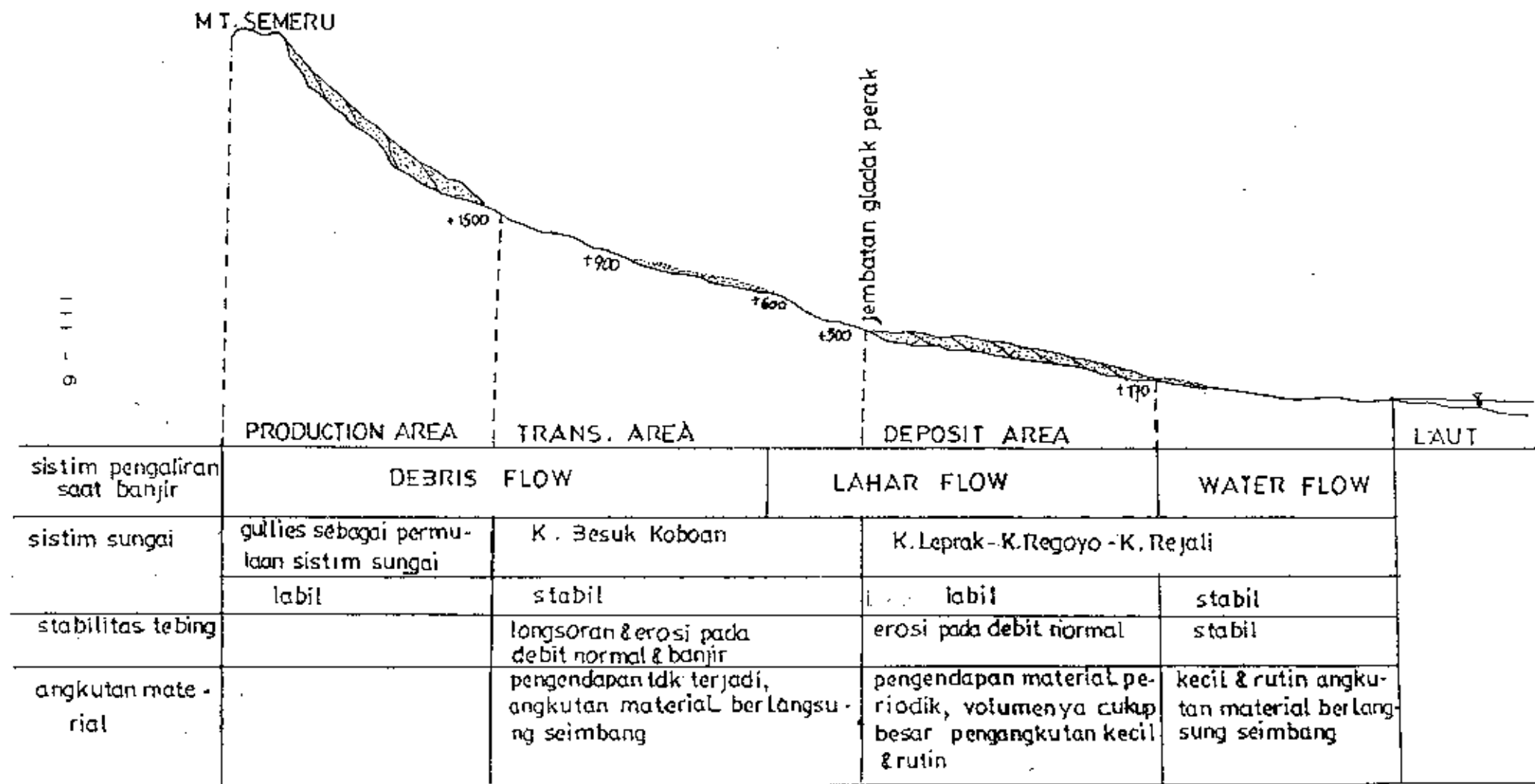
bottle neck terjadi tenaga yang cukup besar dan berpotensi merusak dinding-dinding sungai. Material yang dikeluarkan lewat bottle neck ini dapat meluap disepanjang jalur sungai dan akhirnya akan diendapkan.

Akibat lebih lanjut ialah terjadinya kenaikan dasar sungai, yang selanjutnya dapat menimbulkan perpindahan arah aliran. Perubahan arah aliran dapat terjadi secara tiba-tiba dan biasanya diawali dengan terjadinya banjir lahar.

- Pada bagian hilir dari sungai ini, dasar sungai sudah mulai mendatar. Pada debit kecil / normal terjadi angkutan sedimen secara rutin dan alur sungai dibagian ini relatif stabil.

Dari peninjauan aliran banjir lahar didapatkan suatu bagan karakteristik sungai Besuk Koboan - K. Leprak - K. Rejati sebagai berikut :





Gambar 3.1

Maka alternatif bangunan pengendali yang dapat diterapkan dalam daerah aliran sungai Rejali adalah sebagai berikut :

Pertama : - Pembuatan Check Dam di hulu K. Besuk Koboan (didaerah transportasi) untuk menahan dan mengatur material agar tidak turun kebawah.

- Pembuatan Check Dam seri di K. Besuk Koboan, dengan check dam seri ini diharapkan kecepatan arus banjir dapat dikurangi.

Kedua : - Pembuatan tanggul kantong lahar didaerah deposit, untuk membatasi penyebaran material serta menyediakan tempat-tempat penimbunan serta pengendapan material.

Ketiga : - Pembuatan tanggul-tanggul dan penggalian alur sungai di K. Leprak - K. Regoyo - K. Rejali hilir untuk menghindari penyelewengan banjir lahar agar secepatnya masuk ke laut.

B A B - IV

Evaluasi Sedimen Dan Hidrologi

4.1 Tinjauan Gerak sedimen

Sedimentasi adalah suatu proses pengendapan dari material berupa tanah, pasir, kerikil serta material lainnya yang terbawa oleh aliran air, terutama sebagai hasil erosi dari suatu tempat atau pengaruh dari hasil letusan gunung berapi yang kemudian ditempatkan ditempat lain.

Proses sedimentasi yang ada di DAS Rejali merupakan hasil letusan dari gunung berapi yang kemudian didepositkan pada lereng-lereng terjal dibawah Kawah. Adanya air hujan akan menyebabkan longsohnya deposit sedimen dan tererosinya dasar sungai.

Adanya aliran sedimen tidak terlepas dari tiga faktor, antara lain :

1. Kemiringan lereng.
2. Jenis deposit sedimen.
3. Kemiringan memanjang sungai.
4. Intensitas air hujan.

- Kemiringan lereng menentukan prosentase kelongsoran deposit, kelongsoran terjadi pada kemiringan lereng 30⁰ - 45⁰ serta tergantung juga pada bentuk permukaan lereng

- Dari jenis batuan penyusunnya, tidak terdapat kriteria yang pasti tentang jenis batuan penyusun yang mudah tererosi. Tingkat kemudahannya tergantung pada usia sedimennya. Makin tua makin stabil terhadap bahaya erosi / kelongsoran.
- Kemiringan memanjang sungai menentukan besarnya tractive force. Pada kemiringan yang besar pergerakan massa bahan akan dominan dibanding dengan pergerakan air. Energi / kecepatan jatuh bahan padat akan sebanding dengan massa bahan tersebut, makin besar massanya makin besar energi yang dimilikinya.
- Intensitas air hujan merupakan salah satu penyebab longsohnya deposit sedimen dan tererosinya dasar sungai. Longsohnya deposit sediment karena intensitas air hujan yang besar yang masuk kedalam pori-pori deposit yang mempunyai daya infiltrasi yang tinggi dari pada tanah dasarnya. Sehingga kandungan air ini akan melicinkan bidang geseran dan menambah berat massanya.

Dari hasil pengamatan dilapangan (Fak. Teknik UGM) kiranya dapat dibedakan macam-macam aliran, yang mana fenomena ini diperlukan untuk pendekatan perhitungan angkutan sedimen.

Dengan perbedaan macam aliran ini akan memberikan

karakteristik yang berbeda pula, yaitu :

1. Aliran Individual Transport , type aliran butiran bahan angkutan ini adalah bed load dan suspended load.

Gerak angkutan ditentukan oleh parameter-parameter :

- Diameter butiran.
- Rapat massa butiran.
- Tinggi aliran.
- Rapat massa air.
- Kemiringan dasar sungai.

2. Aliran Lahar , type aliran ini dibagian atas (permukaan) aliran terdiri dari butir-butir kecil, kerikil serta batu-batu berdiameter besar yang bergerak dibagian bawah.

Penyebab gerak butiran pada type ini yang lebih dominan adalah kemiringan dasar sungai, meskipun parameter-parameter lainnya juga menentukan.

3. Aliran Debris , type aliran ini menunjukkan bahan angkutan batuan yang merata dari dasar hingga kepermukaan aliran, dengan gradasi yang merata dari butir-butir yang halus hingga yang besar-besar. Tahanan yang menghambat gerak batuan ini adalah sudut geser dalam batuan.

4.2 Sedimen Yang Perlu Dikendalikan

Sedimen yang terjadi pada DAS Rejali diperkirakan berasal dari :

1. Material hasil letusan gunung Semeru.
2. Erosi permukaan, land slide dan patahan tebing.

- Untuk memperkirakan volume deposit hasil langsung dari letusan gunung tidaklah mudah, mengingat gunung Semeru merupakan gunung aktif dimana tiap sepuluh menit terjadi letusan.

Dari kejadian yang pernah tercatat dari tahun 1818 hingga tahun 1985 hanya beberapa tahun kejadian yang dapat diperkirakan volume depositnya.

Pengendalian sedimen adalah usaha untuk mengatur dan mengurangi sejumlah material / debris / sediment dalam suatu areal yang ditinjau, sehingga aliran debris / sediment yang mengalir disungai kebagian hilir tidak menimbulkan bencana.

Untuk maksud tersebut sangat tergantung pada tempat menentukan / memilih daerah basic point, yaitu suatu daerah / tempat pengendalian dimana jumlah debris / sediment akan ditentukan.

4.3 Pemilihan Daerah basic Point

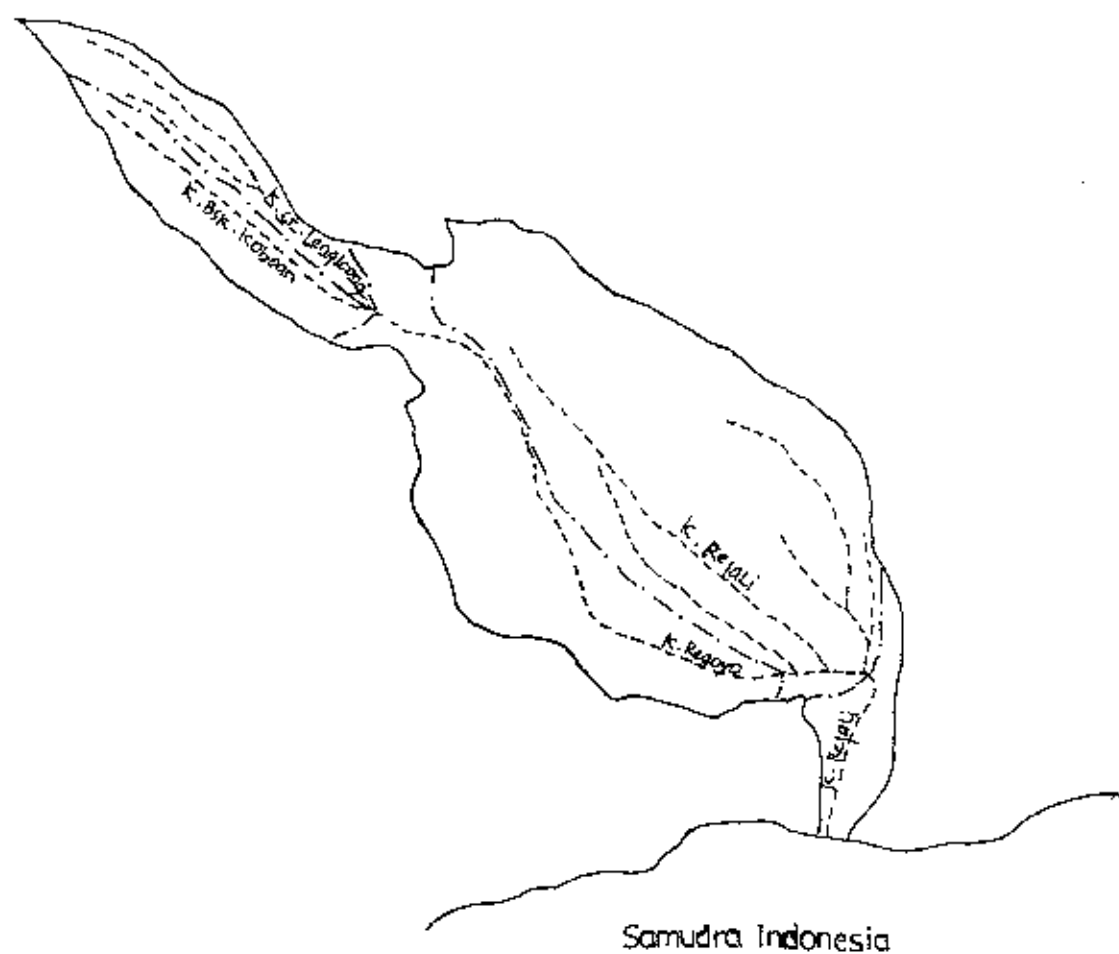
Penentuan daerah basic point sebagai

alternatif pemilihan untuk menetapkan letak bangunan tidak terlepas dari :

- Lokasi-lokasi bencana yang pernah terjadi pada masa lampau.
- Kondisi topografi.

Dari kedua faktor tersebut diatas maka untuk daerah aliran sungai Rejali terdapat beberapa kemungkinan daerah basic point, yaitu :

1. Daerah aliran sungai Besuk Koboan.
2. Daerah aliran sungai Lengkong.
3. Daerah aliran sungai Regoyo.
4. Daerah aliran sungai Rejali.



SKETSA DAERAH BASIC POINT

4.4 Hidrologi

4.4.1 U M U M

Daerah aliran sungai Rejali merupakan sebuah DAS yang mempunyai luas aliran sebesar 131,35 km² serta beberapa stasiun pengukur hujan, masing-masing stasiun mempunyai data yang berbeda-beda baik mengenai banyaknya data maupun besarnya curah hujan yang ada.

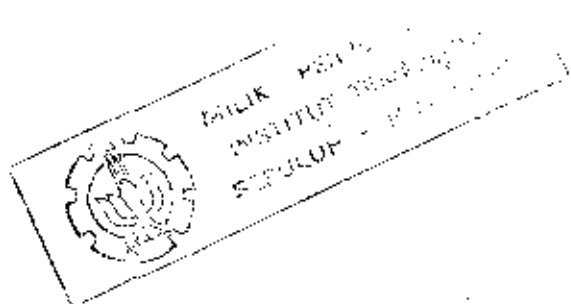
Terdapat lima stasiun penakar hujan otomatis dan empat stasiun penakar hujan manual. Data hujan yang dipakai adalah pada stasiun penakar hujan otomatis.

Penyajian pengukuran hujan dalam bentuk daftar hujan harian maksimum sejak tahun 1980 hingga tahun 1989, tertera dalam tabel 4.1a, 4.1b, 4.1c, 4.1d & 4.1e.

Gambar lokasi masing-masing stasiun hujan pada DAS Rejali tertera pada gambar 4.1.

Pada daerah aliran sungai ini tidak tersedia data pengukuran debit, sehingga perhitungan debit didasarkan pada besarnya curah hujan yang ada.

Perhitungan curah hujan rencana didasarkan pada periode masa ulang 2 th, 5 th, 10 th, 25 th, 50 th dan 100 th (tabel 4.3a & tabel 4.7), serta besarnya debit rencana untuk periode ulang tertentu dapat dilihat pada perhitungan dan tabel terlampir. (tabel 4.11 s/d tabel 4.17)



stasiun pencatat hujan otomatis, yaitu :

- Stasiun Candipuro.
- Stasiun Curah Koboan.
- Stasiun Kamar A.
- Stasiun Supit Urang.
- Stasiun Gunung Leker.

Untuk mengetahui lebih jelas tentang datanya dan letak masing-masing stasiun pencatat hujan dapat dilihat pada tabel 4.1a, 4.1b, 4.1c, 4.1d, dan gambar 4.1.

Tabel 4.1a Data Hujan Harian Maksimum

Stasiun Candipuro

Tahun										
Bulan	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Januari	41.50	44.00	30.40	43.00	105.20	21.50	34.50	17.50	20.00	68.00
Pebruari	18.00	0.00	60.10	23.80	55.40	7.50	30.00	14.50	49.00	52.00
Maret	0.00	15.50	50.00	42.90	53.20	20.00	9.00	0.00	37.00	58.00
April	0.00	8.90	67.80	30.80	48.50	23.50	14.60	2.50	44.50	49.50
Mei	5.30	40.00	1.10	58.00	26.00	16.00	27.00	42.50	34.00	116.50
Juni	10.30	5.60	19.50	15.60	28.50	26.50	79.00	14.00	36.50	30.50
Juli	0.00	32.10	0.60	14.40	12.20	7.50	42.00	18.50	0.00	36.50
Agustus	10.70	5.10	10.00	4.50	33.20	12.50	27.70	36.00	3.50	0.00
September	1.70	0.10	5.80	4.00	31.70	18.00	43.00	8.50	23.50	0.00
Oktober	101.00	0.00	33.00	56.40	38.00	38.00	68.50	17.50	32.50	0.00
November	42.00	13.30	2.00	30.40	19.00	31	28.00	122.50	80.50	0.00
Desember	37.00	10.20	84.60	18.60	19.00	32	27.00	57.00	53.00	0.00

Tabel 4.1b Data Curah Hujan Harian Maksimum

Stasiun Curah Kodoan

Bulan	Tahun	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Januari		0.00	19.90	23.60	0.00	52.60	40.70	95.00	71.00	55.50	30.20
Pebruari		0.00	24.30	43.00	0.00	84.00	20.10	54.80	50.00	73.60	75.50
Maret		13.40	20.00	89.00	47.70	91.50	97.80	56.10	51.80	71.20	110.40
April		44.30	34.00	32.40	27.40	100.20	53.50	75.00	27.70	31.00	76.90
Mei		8.80	83.10	23.70	140.40	77.40	83.20	31.40	77.20	69.00	95.40
Juni		2.50	169.20	10.50	56.60	53.50	97.60	156.80	119.80	41.50	35.00
Juli		10.60	68.60	1.50	53.70	44.40	112.40	177.40	118.70	25.00	39.40
Agustus		10.50	125.20	12.00	15.60	72.60	86.80	162.00	18.80	309.60	0.00
September		8.10	13.80	2.20	14.80	117.70	42.60	117.80	27.00	61.40	0.00
Oktober		0.00	24.20	6.50	74.30	52.90	191.00	172.20	17.60	23.90	0.00
November		161.00	63.50	0.90	40.70	87.20	123.80	60.70	102.00	39.80	0.00
Desember		317.00	32.30	80.40	49.40	32.80	51.10	21.00	74.40	85.60	0.00

Tabel 4.1c Data Curah Hujan Harian Maksimum

Stasiun Kassar A

Bulan	Tahun	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Januari		0.00	0.00	4.80	0.00	76.30	58.30	50.50	67.10	106.60	45.20
Pebruari		0.00	0.00	39.30	52.40	0.00	69.90	11.50	61.20	69.30	97.30
Maret		0.00	0.00	6.70	60.00	38.10	145.50	58.40	45.50	62.00	39.40
April		0.00	0.00	9.60	62.00	104.00	37.30	66.30	16.20	28.00	96.00
Mei		0.00	0.00	7.40	65.00	37.30	174.30	69.80	66.20	83.00	17.10
Juni		0.00	0.00	3.30	167.80	92.60	275.50	396.20	161.10	51.80	11.40
Juli		0.00	0.00	0.80	0.00	32.00	49.80	60.50	70.40	135.30	74.50
Agustus		0.00	0.00	9.20	0.00	125.60	2.80	275.00	11.80	271.80	0.00
September		0.00	0.00	1.70	26.00	93.30	68.20	102.50	16.20	62.70	0.00
Oktober		0.00	0.00	3.20	103.60	45.90	116.40	136.50	9.90	57.20	0.00
November		0.00	0.00	6.00	58.60	77.50	125.20	46.60	125.60	67.40	0.00
Desember		0.00	0.00	8.70	88.70	34.10	63.50	36.70	74.10	54.60	0.00

Tabel 4.10 Data Curah Hujan Maksimum

Stasiun Sagit Urang

Tahun	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Bulan										
Januari	81.00	34.80	0.00	55.50	31.20	44.00	67.00	101.00	60.00	57.00
Pebruari	24.50	8.40	0.00	87.00	104.70	55.00	49.50	26.50	31.50	38.50
Maret	184.00	8.90	0.00	34.30	89.40	176.50	51.50	60.00	61.50	26.00
April	43.20	38.00	0.00	65.00	100.50	55.00	83.00	18.50	36.50	123.50
Mei	65.50	18.50	0.00	95.50	26.60	99.80	63.00	47.50	104.50	140.00
Juni	7.20	239.00	22.70	50.80	58.50	209.00	310.00	95.00	60.50	45.50
Juli	17.30	39.50	2.10	52.50	44.40	97.50	81.00	151.00	32.00	60.50
Agustus	8.70	28.60	14.50	24.00	246.70	111.00	218.50	10.50	287.00	0.00
September	7.90	19.90	2.50	12.00	133.00	57.50	151.00	15.00	34.50	0.00
Oktober	24.00	20.10	14.00	96.60	105.70	173.50	150.50	18.00	6.00	0.00
November	202.00	9.80	2.00	26.00	82.00	195.00	99.50	135.00	31.00	0.00
Desember	170.00	10.10	69.80	56.60	28.50	87.00	18.70	57.00	60.50	0.00

Tabel 4.11 Data Curah Hujan Harian Maksimum
Gunung Lekar

Tahun	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Bulan										
Januari	0.00	0.00	31.80	0.00	0.00	50.70	59.70	32.10	32.50	50.00
Pebruari	0.00	0.00	18.40	0.00	0.00	31.50	0.00	0.00	55.00	74.50
Maret	0.00	0.00	30.30	0.00	0.00	16.80	0.00	22.70	93.50	0.50
April	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.40	0.00	18.50	69.00	6.50
Mei	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.80	0.00	57.30	0.00	0.00
Juni	0.00	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80	43.20	0.00
Juli	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	65.30	0.00	0.00
Agustus	0.00	0.00	3.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00
September	0.00	0.00	0.00	5.80	0.00	6.00	124.50	16.50	59.00	0.00
Oktober	0.00	0.00	0.00	40.90	6.80	32.70	1.00	19.50	44.50	0.00
November	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00	18.10	22.00	69.50	0.00
Desember	0.00	0.00	0.00	0.00	7.90	0.00	0.00	70.00	54.00	0.00

4.4.3 Analisa Hidrologi

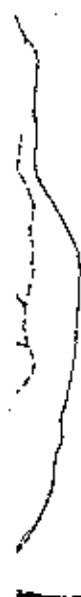
4.4.3.1 Perhitungan Hujan Rata- Rata

Untuk menghitung curah hujan harian maksimum rata-rata tahunan digunakan methoda Polygon Thysen dengan berdasarkan pada curah hujan maksimum selama 10 (sepuluh) tahun, dari tahun 1980 hingga tahun 1989.

4.4.3.1.1 Methoda Polygon Thysen

Dari polygon thysen didapatkan luas pengaruh untuk masing-masing stasiun hujan, koefisien thysen didapatkan dengan membandingkan masing-masing dari luas pengaruh stasiun hujan dengan luas total daerah aliran sungai.

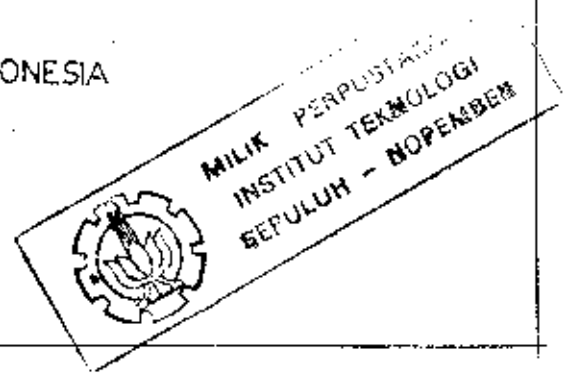
Untuk lebih jelasnya lihat gambar 4.1.



0 1 2 3 4 5 Km

SKALA

RA INDONESIA



Dan hasilnya sebagai berikut :

STASIUN	LUAS PEBGARUH Km ²	KOEFF THYSEN
CANDIPURO	74,11	0,564
CURAH KOBOAN	24,55	0,187
KAMAR A	4,82	0,037
SUPIT URANG	14,37	0,109
GUNUNG LEKER	13,50	0,103

Perumusan Dari Methoda Thysen

$$R = \sum W_i R_i$$

$$R = W_1 R_1 + W_2 R_2 + W_3 R_3 + \dots + W_n R_n$$

Dimana

R = Curah hujan rata-rata (mm).

R_i = Curah hujan di tiap titik pengamatan
(stasiun hujan).

$$W_i = A_i / A$$

A_i = Luas pengaruh dari tiap-tiap stasiun
hujan (km²)

A = Luas total daerah aliran sungai (km²).

Selanjutnya perhitungan hujan rata-rata dengan methoda thysen tertera pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Curah Hujan Rata-Rata Methoda Thiessen

Tahun	i	R _i	W1R _i	R2	W2R2	R3	W3R3	R4	W4R4	R5	W5R5	R	Dipulatkan
1980	1	101	56.964	317	59.279	0	0	202	22.018	0	0	138.261	138
1981	2	44	24.816	169.2	31.640	0	0	239	26.051	0	0	82.507	83
1982	3	84.6	47.714	89	16.643	39.8	1.473	69.6	7.586	31.8	3.275	76.691	77
1983	4	58	32.712	140.4	26.255	167.8	6.209	96.6	10.529	40.9	4.213	79.918	80
1984	5	105.2	59.333	117.7	22.010	125.6	4.647	246.	26.890	7.5	0.773	113.577	114
1985	6	38	21.432	191	35.717	275.5	10.194	209	22.781	87.4	9.002	99.126	99
1986	7	79	44.556	177.4	33.174	396.2	14.659	316	33.790	126.5	13.030	139.209	139
1987	8	122.5	69.090	119.8	22.403	161.1	5.961	151	16.459	70	7.210	121.123	121
1988	9	80.5	45.402	309.6	57.695	271.8	10.057	287	31.283	93.5	9.631	154.268	154
1989	10	116.5	65.706	110.4	20.645	97.3	3.600	140	15.260	74.5	7.674	112.895	113

4.4.3.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dalam perhitungan hujan rencana digunakan methoda Gumbel dan methoda Log Phearson Type III sebagai perbandingan.

4.4.3.2.1 Perumusan Methoda Gumbel

Dengan diketahui tinggi hujan rata-rata maka besarnya hujan rencana yang terjadi pada periode ulang tertentu dapat dicari dengan perumusan Gumbel :

$$X_T = X + K \cdot \sigma$$
$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$
$$Y_T = - \ln \cdot \ln \left(\frac{T}{T - 1} \right)$$

Dimana :

- Y_T = Reduced variate yang merupakan fungsi periode ulang T tahun.
- X_T = Tinggi hujan yang mungkin terjadi dalam periode ulang T (tahun).
- σ = Standard deviasi.
- Y_n = Reduced mean yang tergantung dari besarnya N tahun.
- S_n = 'Reduced' standart deviasi yang merupakan fungsi dari N tahun.

N : Banyaknya data pengamatan.
 K : Faktor frekwensi yang merupakan
 fungsi masa ulang dari type
 distribusinya.
 X : Hujan rata-rata.

- Harga-harga Y_n dapat dilihat pada tabel 4.4a
- Harga-harga S_n ----- 4.4b
- Hasil perhitungan tertera pada tabel 4.3 dan
 tabel 4.3a

Tabel 4.4b REDUCED STANDARD DEVIATION S_n

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Tabel 4.3

Tahun	Rmax = Xi	Dibulatkan	X ²
1980	138.261	138	19044
1981	82.507	83	6889
1982	76.691	77	5929
1983	79.918	80	6400
1984	113.577	114	12996
1985	99.126	99	9801
1986	139.209	139	19321
1987	121.123	121	14641
1988	154.268	154	23716
1989	112.685	113	12769
$\sum Xi = 1118$			$\sum Xi^2 = 131506$

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{1/2} = 26.902$$

TABEL 4.3a

T	YT = -ln (ln T / T - 1)	K = (YT - YN) / Sn	XT	Dibulatkan
2	0.3665	-0.13553	108.154	108
5	1.4999	1.058024	140.263	140
10	2.5504	1.848357	161.525	162
20	2.9702	2.606360	181.916	182
25	3.1985	2.846777	189.384	188
50	3.9019	3.587510	208.311	208
100	4.6001	4.322767	228.091	228

Untuk N = 10 tahun -----) YN = 0.4952

Sn = 0.9493

	1,0101	1,2500	2	3	10	25	50	100
Koefisien asimetri	Persen perubahan							
G	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,752	4,951
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,714	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,671	3,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,623	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	3,570	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	3,512	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	3,448	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	3,380	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	3,306	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	3,226	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	3,142	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	3,053	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,959	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,861	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,759	2,472
0	-2,326	-0,842	0	0,842	1,282	1,751	2,654	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	2,545	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	2,434	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	2,320	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	2,206	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	2,092	1,588
-1,2	-3,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,979	1,449
-1,4	-3,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,870	1,318
-1,6	-3,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,766	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,669	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,499	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,460	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-4,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

TABEL 4.5 Methoda Log Phearson Type III

No	Tahun	X_i	$\log X_i$	$\log X_i - \log \bar{X}_i$	$(\log X_i - \log \bar{X}_i)^3$
1	1980	138.00	2.140	0.103	0.001
2	1981	83.00	1.919	-0.118	-0.002
3	1982	77.00	1.886	-0.151	-0.003
4	1983	80.00	1.903	-0.134	-0.002
5	1984	114.00	2.057	0.020	0.000
6	1985	99.00	1.996	-0.041	0.000
7	1986	139.00	2.143	0.106	0.001
8	1987	121.00	2.083	0.046	0.000
9	1988	154.00	2.188	0.151	0.003
10	1989	113.00	2.053	0.016	0.000

$$\log \bar{X}_i = 2.037 \quad \sum (\log X_i - \log \bar{X}_i)^3 = -0.0017$$

$$s \log X_i = 0.107$$

$$C_s = -0.199$$

TABEL 4.7

T	C_s	K	$\log X_T$	X_T
2	-0.199	0.017	2.039	109.390
5	-0.199	0.846	2.128	134.280
10	-0.199	1.270	2.173	148.940
25	-0.199	1.716	2.221	166.340
50	-0.199	2.000	2.251	178.240
100	-0.199	2.252	2.278	189.650

4.4.3.3 Perhitungan Debit Banjir Rencana Muara K. Rejali

Debit banjir rencana dihitung berdasarkan curah hujan yang ada, beberapa macam cara dapat dipakai untuk menghitungnya, dari macam-macam cara tersebut yang dapat dipakai untuk daerah aliran sungai Rejali dengan menyesuaikan data yang ada adalah cara hidrograph satuan. Dimana dalam teori tersebut menurut L.K Sherman menggunakan hujan efektif atau hujan netto, yaitu bagian hujan yang menghasilkan limpasan langsung.

- Besarnya hujan efektif didapatkan dengan menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$R_{24} = \alpha \cdot R_x$$

Dimana :

R_{24} = Hujan efektif (mm).

α = Koefisien pengaliran .

R_x = Curah hujan rencana (mm).

Koefisien Pengaliran (α)

adalah suatu variable yang didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan didaerah tersebut.

Untuk DAS Rejali koefisien pengaliran diambil rata-rata sebesar 0,75.

- Pada umumnya curah hujan yang terjadi di daerah sungai Rejali rata-rata sekitar 5 jam dalam sehari.

Pola pembagian curah hujan tiap jamnya dihitung dengan methoda Rasional sebagai berikut :

1. Perhitungan rata-rata hujan sampai jam ke t.

$$R_t = R_{24} \cdot \left(\frac{5}{t} \right)^{2/3}$$

Dimana :

R_t = Rata-rata hujan sampai jam ke t.

R_{24} = Hujan efektif dalam waktu 24 jam.

■ Hitungan :

$$t = 1 \text{ jam} \rightarrow R_{t1} = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{1} \right)^{2/3} = 0,585 R_{24}.$$

$$t = 2 \text{ jam} \rightarrow R_{t2} = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{2} \right)^{2/3} = 0,368 R_{24}.$$

$$t = 3 \text{ jam} \rightarrow R_{t3} = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{3} \right)^{2/3} = 0,281 R_{24}.$$

$$t = 4 \text{ jam} \rightarrow R_{t4} = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{4} \right)^{2/3} = 0,232 R_{24}.$$

$$t = 5 \text{ jam} \rightarrow R_{t5} = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{5} \right)^{2/3} = 0,200 R_{24}$$

2. Perhitungan curah hujan pada jam ke t.

$$R_t' = t \cdot R_t - (t - 1) \cdot R(t - 1).$$

Dimana :

R_t' = Curah hujan pada jam ke t.

R_t = Rata-rata hujan sampai jam ke t.

R_t = Rata-rata hujan sampai jam ke t .

■ Hitungan :

$$t = 1 \text{ jam} \text{ ----} \rightarrow R_{t1}' = 1 (0,585 R_{24}) - 0 = 0,585 R_{24}.$$

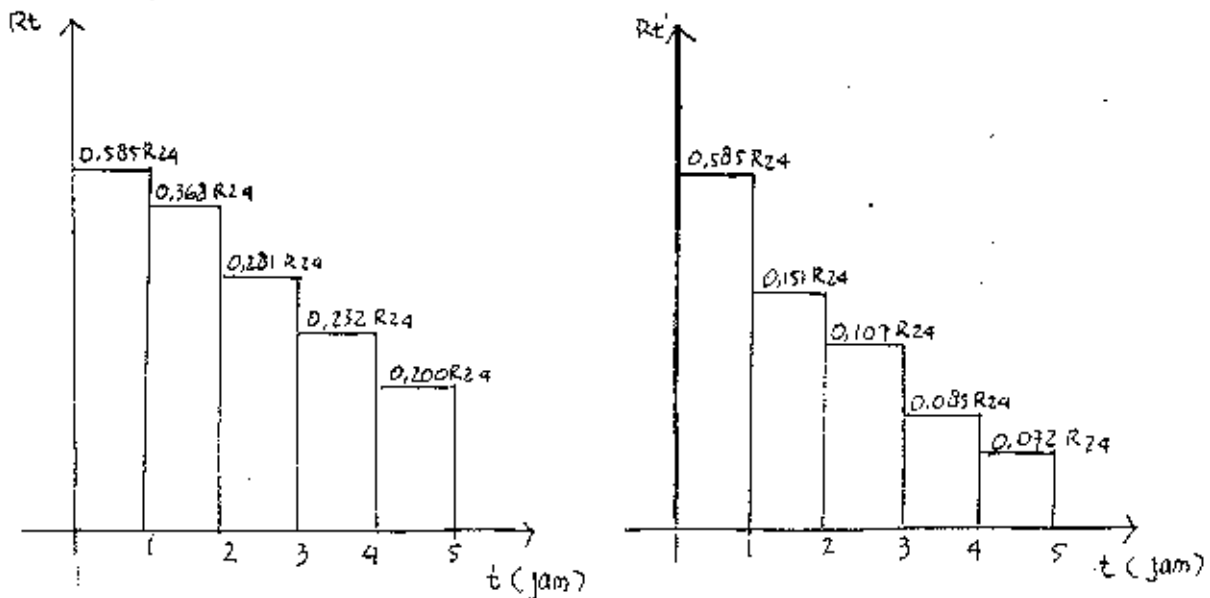
$$\begin{aligned} t = 2 \text{ jam} \text{ ----} \rightarrow R_{t2}' &= 2 (0,368 R_{24}) - 1 (0,585 R_{24}) \\ &= 0,151 R_{24}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t = 3 \text{ jam} \text{ ----} \rightarrow R_{t3}' &= 3 (0,281 R_{24}) - 2 (0,368 R_{24}) \\ &= 0,107 R_{24}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t = 4 \text{ jam} \text{ ----} \rightarrow R_{t4}' &= 4 (0,232 R_{24}) - 3 (0,281 R_{24}) \\ &= 0,085 R_{24}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t = 5 \text{ jam} \text{ ----} \rightarrow R_{t5}' &= 5 (0,200 R_{24}) - 4 (0,232 R_{24}) \\ &= 0,072 R_{24}. \end{aligned}$$

- Seperti terlihat pada gambar 4.8
- Hasil perhitungan tertera pada tabel 4.8 & tabel 4.9



Gambar 4.8 Pola Distribusi Hujan

Tabel 4.8

Periode Ulang (T)	Rmax	Koef Run Of	R24
2	108	0.75	81.000
5	140	0.75	105.000
10	162	0.75	121.500
20	182	0.75	136.500
25	188	0.75	141.000
50	208	0.75	156.000
100	228	0.75	171.000

Tabel 4.9
Distribusi Hujan Perjam

R2 = 81		R5 = 105		R10 = 121		R20 = 136		R25 = 141		R50 = 156		R100 = 171	
Rt	Rt'	Rt	Rt'	Rt	Rt'	Rt	Rt'	Rt	Rt'	Rt	Rt'	Rt	Rt'
47.39	47.39	61.43	61.43	70.79	70.79	79.56	79.56	82.49	82.49	91.26	91.26	100.04	100.04
29.81	12.23	38.64	15.06	44.53	18.27	50.05	20.54	51.89	21.29	57.41	23.56	62.93	25.82
22.76	8.67	29.51	11.24	34.00	12.95	38.22	14.55	39.62	15.09	43.84	16.69	48.05	18.30
18.79	6.89	24.36	8.93	28.07	10.25	31.55	11.56	32.71	11.99	36.19	13.26	39.67	14.54
22.68	5.03	29.40	7.56	33.88	8.71	38.08	9.79	39.48	10.15	43.58	11.23	47.86	12.31

Untuk mendapatkan hidrograph banjir pada sungai-sungai yang tidak ada atau sedikit sekali observasi hidrograph banjirnya maka dibuat hidrograph sintetik.

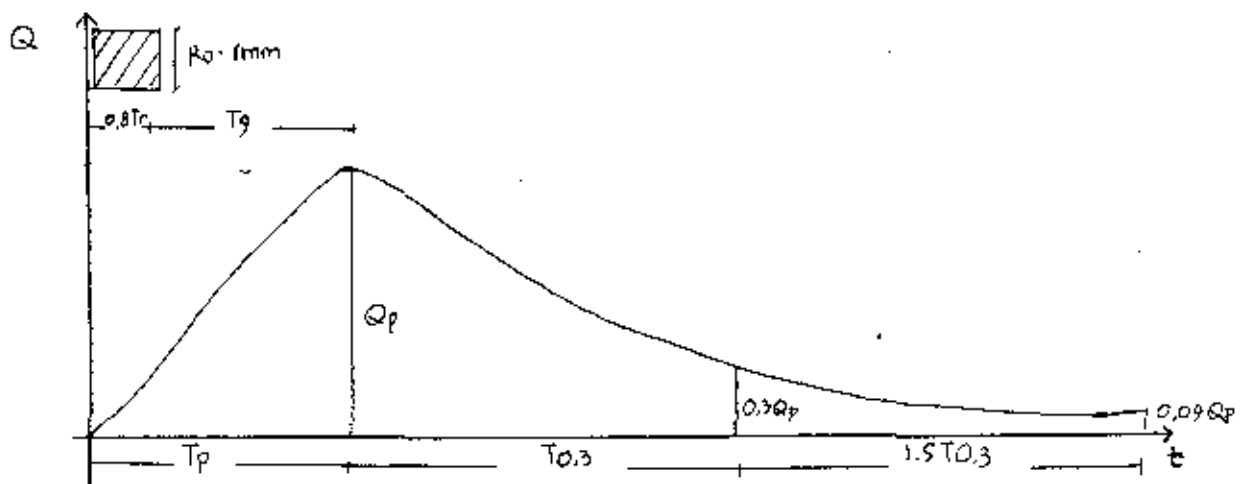
Perhitungan unit hidrograph sintetik dipakai metoda Nakayatsu .

Metoda Nakayatsu

Besarnya debit yang diakibatkan satuan spesifik curah hujan dinyatakan dalam rumus :

$$Q_{max} = \frac{A \cdot R_o}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})}$$

- Bentuk kurva Hidrograph Nakayatsu terlihat pada gambar 4.10



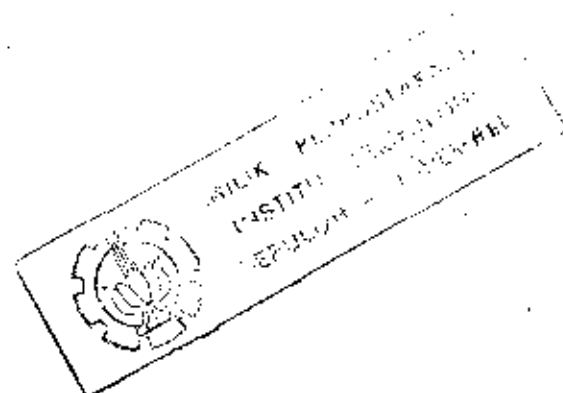
Gambar 4.10 Kurva Hidrograph Nakayatsu

- Harga T_p dan $T_{0,3}$ diperoleh dengan rumus :

$$T_p = T_g + 0,3 T_r$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g$$

$$T_r = 0,5 T_g$$



- Untuk $L > 15 \text{ km}$ -----> $T_g = 0,4 + 0,058 L$

- Untuk $L < 15 \text{ km}$ -----> $T_g = 0,21 L^{0,7}$

Dimana :

T_g = Time lag, yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).

T_r = Satuan waktu dari curah hujan (jam).

α = Koefisien pengaliran sungai, besarnya 1,5 - 3,5.

1. Pada keadaan kurva naik :

$$0 < t < T_p$$

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = \left(t / T_p \right)^{2,4}$$

2. Pada Keadaan kurva turun :

a. $T_p < t < (T_p + T_{0,3})$

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = 0,3 \wedge \left(\frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right)$$

b. $(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = 0,3 \wedge \left(\frac{t - T_p + 0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}} \right)$$

c. $t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = 0,3 \wedge \left(\frac{t - T_p + 1,5 T_{0,3}}{2 T_{0,3}} \right)$$

■ Hitungan :

$$T_g = 0,4 + 0,058 \cdot 44,1 = 2,958$$

$$T_r = 0,5 \cdot 2,958 = 1,479$$

$$T_p = 2,958 + 0,8 \cdot 1,479 = 4,141$$

$$T_{0,3} = 2 \cdot 2,958 = 5,916$$

$$G_{max} = \frac{131,35 \cdot R_o}{3,6 \cdot (0,3 \cdot 4,141 + 5,916)}$$

$$= 5,097 R_o$$

1. Pada keadaan kurva naik :

$$0 < t < T_p \text{ -----} \rightarrow 0 < t < 4,141$$

Q

$$\text{-----} = (t / T_p)^{2,4} \text{ ----} \rightarrow Q = (t / T_p)^{2,4} 3,147 \cdot R_o$$

Gmax

Label 4.10a

t	$(t / 4,141)^{2,4}$	Q (m ³ / dt / mm)
1	0.0330	0.1682
2	0.1743	0.8884
3	0.4614	2.3518
4	0.9202	4.6903

2. Pada Keadaan kurva turun :

a. $T_p < t < (T_p + T_{0,3})$

$4,141 < t < 10,057$

$$Q = 0,3^{\left(\frac{t - 4,141}{5,916} \right)} \cdot 5,097 R_0$$

Tabel 4.10b

t	$(t - 4,141) / 5,916$	$0,3^{(t - 4,141) / 5,916}$	Q ($m^3 / dt / mm$)
5	0.1452	0.8396	4.2794
6	0.3214	0.6850	3.4914
7	0.4833	0.5588	2.8482
8	0.6522	0.4560	2.3242
9	0.8213	0.3720	1.8961
10	0.9904	0.3035	1.5469

b. $(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$10,057 < t < 18,931$

$$Q = 0,3^{\left(\frac{t - 1,183}{8,874} \right)} \cdot 5,097 R_0$$

Tabel 4.10c

t	$(t - 1.183) / 8.874$	$0.3^{(t - 1.183) / 8.874}$	$Q \text{ (m}^3 \text{ / dt / mm)}$
11	1.1063	0.2640	1.3346
12	1.2190	0.2305	1.1749
13	1.3316	0.2012	1.0255
14	1.4443	0.1757	0.8955
15	1.5570	0.1534	0.7819
16	1.6697	0.1340	0.6830
17	1.7824	0.1170	0.5963
18	1.8951	0.1021	0.5204

$$c. \quad t > (T_p + T_{O,3} + 1.5T_{O,3})$$

$$t > 18.931$$

$$Q = 0.3^{\left(\frac{t - 4.733}{11.832} \right)} \cdot 5.097R0$$

Tabel 4.10d

t	$(t + 4.473) / 11.832$	$0.3^{(t + 4.473) / 11.832}$	$Q \text{ (m}^3 \text{ / dt / mm)}$
19	2.0056	0.0694	0.4555
20	2.0903	0.0907	0.4115
21	2.1749	0.0727	0.3716
22	2.2594	0.0659	0.3357

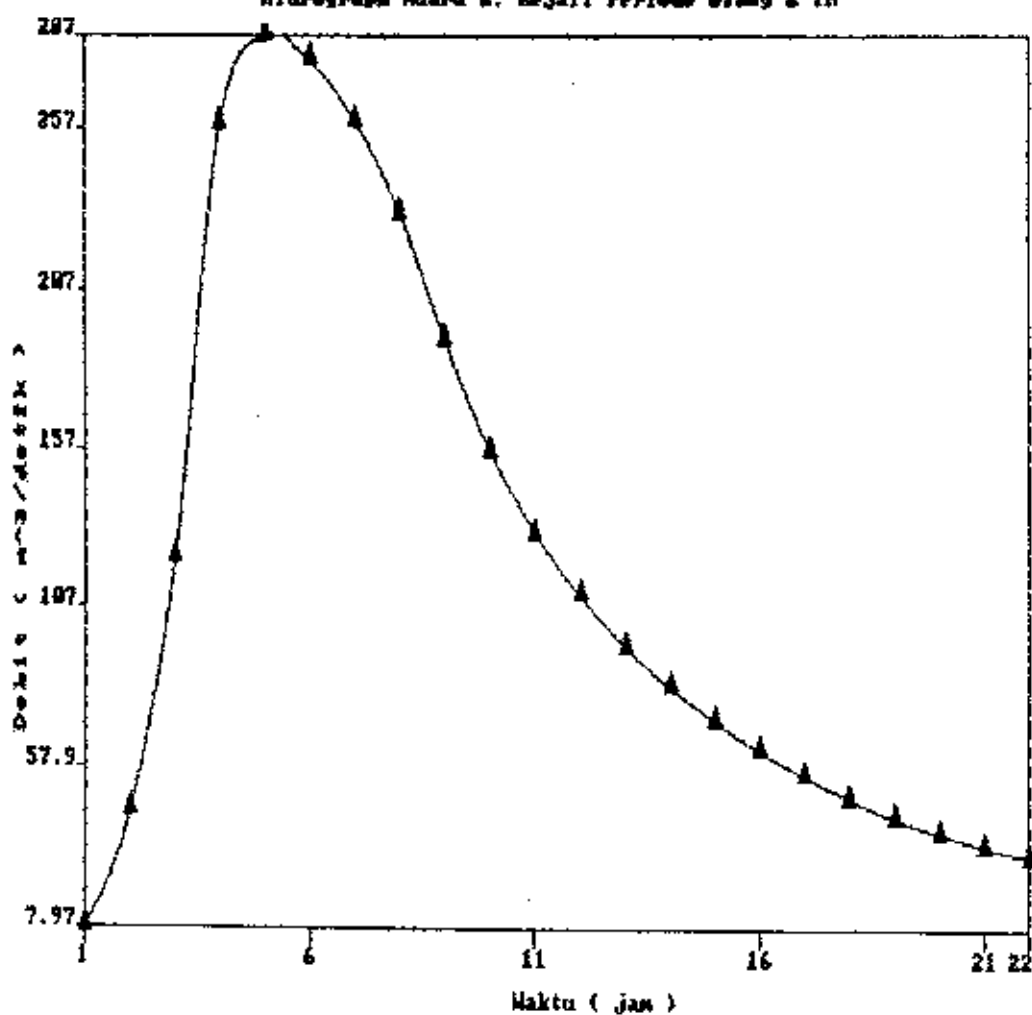
Tabel 4.11

Hidrograph Muara K. Rejati Untuk Periode Ulang 2 Tahun (NAKAYATSU)

t	UH	0 - 1 RO = 47.39	1 - 2 RO = 12.23	2 - 3 RO = 8.67	3 - 4 RO = 6.89	4 - 5 RO = 5.83	Q m ³ /detik/m
1	0.1682	7.97					7.97
2	0.8884	42.10	2.06				44.16
3	2.3518	111.45	10.87	1.46			123.78
4	4.6903	222.27	28.76	7.70	1.16		259.90
5	4.2794	202.80	57.36	20.39	6.12	0.98	287.65
6	3.4914	165.46	52.34	40.66	16.20	5.18	279.84
7	2.9482	134.98	42.70	37.10	32.32	13.71	260.81
8	2.3242	110.14	34.83	30.27	29.49	27.34	232.08
9	1.8961	89.86	28.42	24.69	24.06	24.95	191.98
10	1.5469	73.31	23.19	20.15	19.62	20.35	156.63
11	1.3456	63.77	18.92	16.44	16.01	16.81	131.74
12	1.1749	55.68	16.46	13.41	13.06	13.55	112.16
13	1.0255	48.60	14.37	11.67	10.66	11.05	96.35
14	0.8955	42.44	12.54	10.19	9.27	9.02	83.46
15	0.7819	37.05	10.95	8.89	8.10	7.84	72.84
16	0.6830	32.37	9.56	7.76	7.07	6.85	63.61
17	0.5963	28.26	8.35	6.78	6.17	5.98	55.54
18	0.5204	24.66	7.29	5.92	5.39	5.22	48.48
19	0.4557	21.60	6.36	5.17	4.71	4.56	42.39
20	0.4113	19.49	5.57	4.51	4.11	3.98	37.67
21	0.3716	17.61	5.03	3.95	3.59	3.48	33.65
22	0.3359	15.92	4.54	3.57	3.14	3.03	30.20

Gambar 4.11

Hidrogram Muara K. Rajali Periode Ulang 2 Th

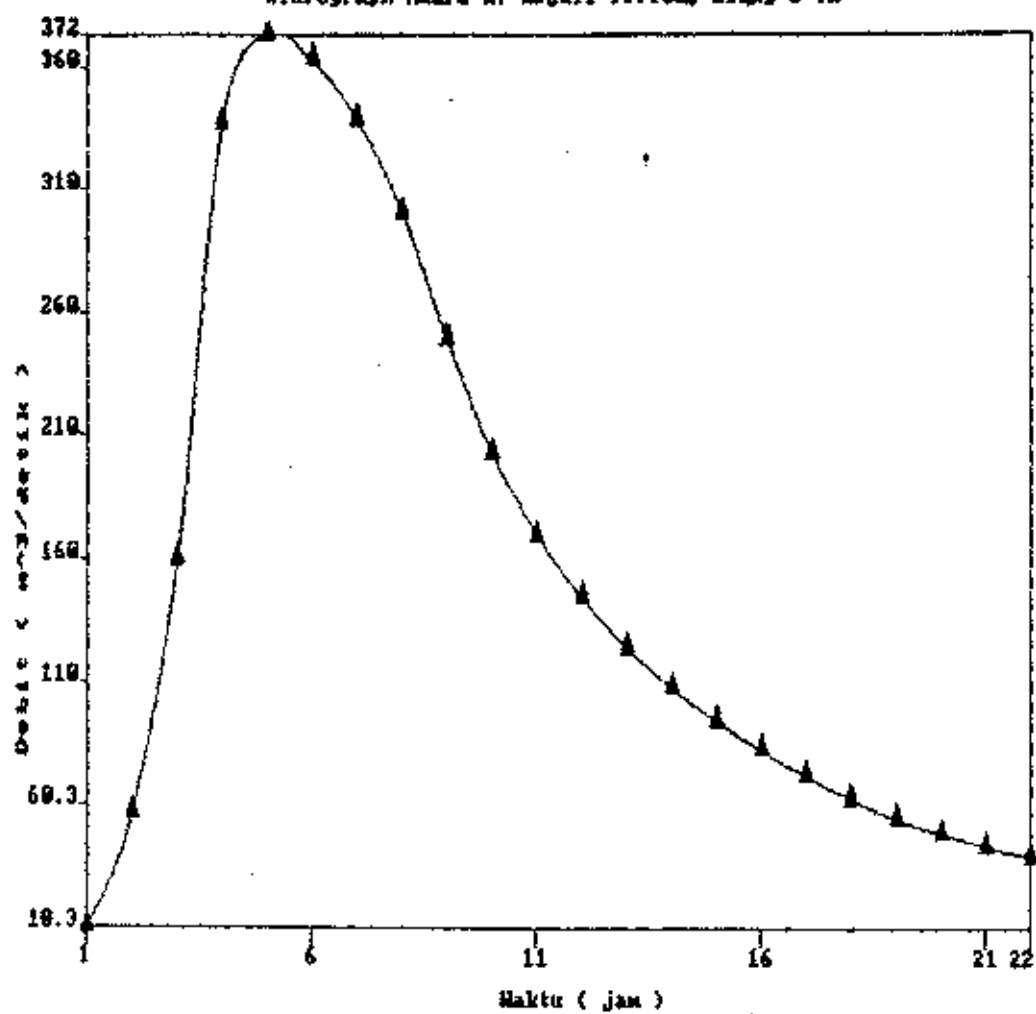


Tabel 4.12

Hidrograph Muara K. Rejali Periode Ulang 5 tahun (NAKAYATSU)

t	UH	0 - 1 RO = 61.43	1 - 2 RO = 15.86	2 - 3 RO = 11.24	3 - 4 RO = 8.93	4 - 5 RO = 7.56	Q (m ³ /detik/mm
1	0.1682	10.33					10.33
2	0.8884	54.57	2.67				57.24
3	2.3518	144.47	14.09	1.89			160.45
4	4.6903	288.13	37.30	9.99	1.50		336.91
5	4.2794	262.88	74.39	26.43	7.93	1.27	372.91
6	3.4914	214.48	67.87	52.72	21.00	6.72	362.78
7	2.8482	174.96	55.37	48.10	41.88	17.78	338.10
8	2.3242	142.78	45.17	39.24	38.22	35.46	300.87
9	1.8961	116.48	36.86	32.01	31.18	32.35	248.88
10	1.5469	95.03	30.07	26.12	25.43	26.39	203.05
11	1.3456	82.66	24.53	21.31	20.76	21.53	170.79
12	1.1749	72.17	21.34	17.39	16.93	17.57	145.41
13	1.0255	63.00	18.63	15.12	13.81	14.33	124.90
14	0.8955	55.01	16.26	13.21	12.02	11.69	108.19
15	0.7819	48.03	14.20	11.53	10.49	10.17	94.43
16	0.6830	41.96	12.40	10.07	9.16	8.88	82.46
17	0.5963	36.63	10.83	8.79	8.00	7.75	72.00
18	0.5204	31.97	9.46	7.68	6.98	6.77	62.85
19	0.4557	27.99	8.25	6.70	6.10	5.91	54.96
20	0.4113	25.27	7.23	5.85	5.32	5.16	48.83
21	0.3716	22.83	6.52	5.12	4.65	4.51	43.63
22	0.3359	20.63	5.89	4.62	4.07	3.93	39.15

Gambar 4.12
 Hidrografi Muzara N. Rajali Periode Hlang 5 Th



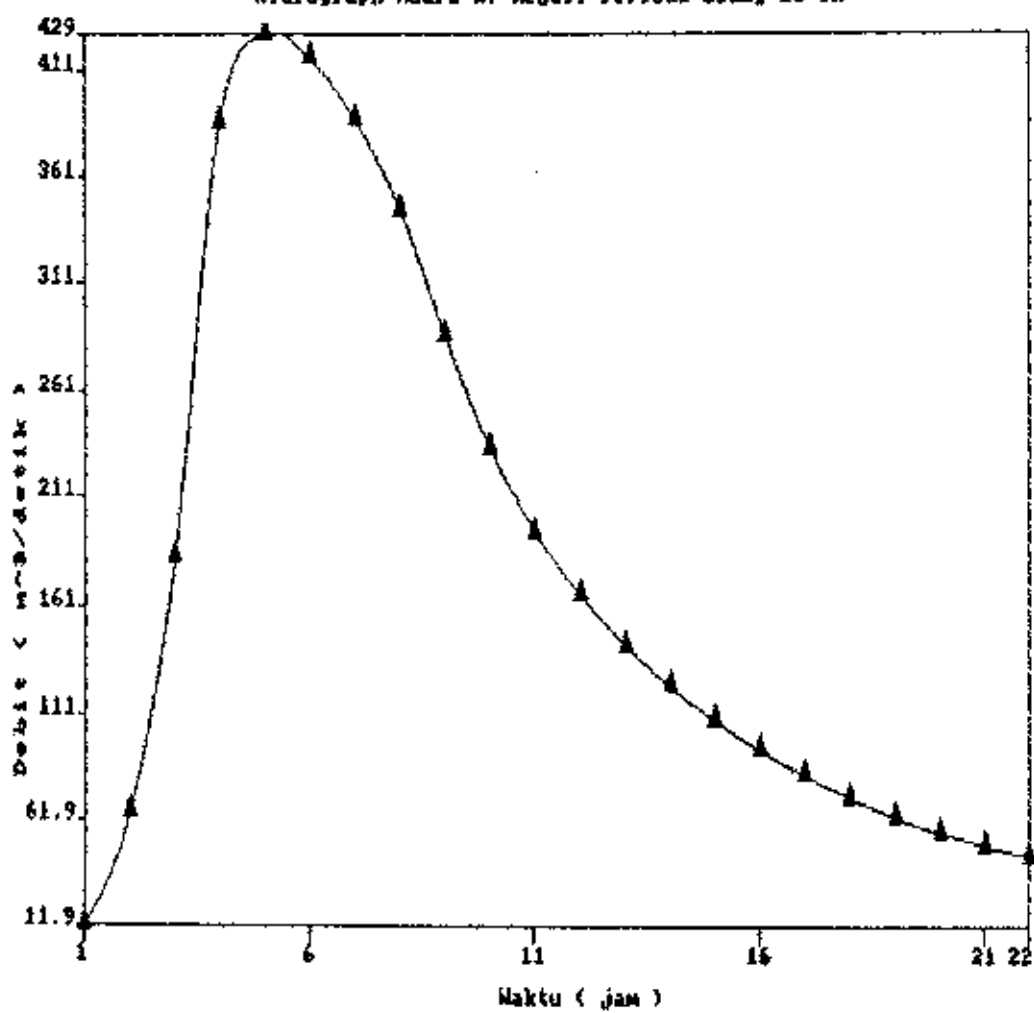
Tabel 4.13

Hidrogaph Muara K. Rejati Periode Ulang 10 tahun (Makayats)

t	UH	RO = 10.79	RO = 18.27	RO = 12.95	RO = 10.29	RO = 8.71	B
0 - 1							
1	0.1682	11.91	3.073	16.251	2.18		11.91
2	0.8884	62.89					65.96
3	2.3518	166.48					184.89
4	4.6903	332.03	42.967	11.50	1.73		388.23
5	4.2794	302.94	85.692	30.46	9.14	1.47	429.69
6	3.4914	247.16	78.185	60.74	24.20	7.74	418.02
7	2.8482	201.62	63.788	55.42	48.26	20.48	389.58
8	2.3242	164.53	52.037	45.21	44.04	40.85	346.67
9	1.8961	134.22	42.463	36.88	35.93	37.27	286.77
10	1.5469	109.51	34.642	30.10	29.31	30.41	233.96
11	1.3456	95.26	28.262	24.55	23.92	24.81	196.80
12	1.1749	83.17	24.584	20.03	19.51	20.24	167.54
13	1.0255	72.60	21.465	17.43	15.92	16.52	143.92
14	0.8955	63.39	18.736	15.21	13.85	13.47	124.66
15	0.7819	55.35	16.361	13.38	12.09	11.72	108.80
16	0.6830	48.25	14.285	11.60	10.55	10.23	95.02
17	0.5963	42.21	12.478	10.13	9.21	8.93	82.96
18	0.5204	36.84	10.894	8.84	8.05	7.80	72.42
19	0.4557	32.26	9.508	7.72	7.03	6.81	63.33
20	0.4113	29.12	8.326	6.74	6.14	5.95	56.27
21	0.3716	26.31	7.514	5.90	5.35	5.19	50.27
22	0.3359	23.78	6.789	5.33	4.89	4.53	45.12

Gambar 4.13

Hidrogaph Muara K. Rajali Periode Ulang 10 Th

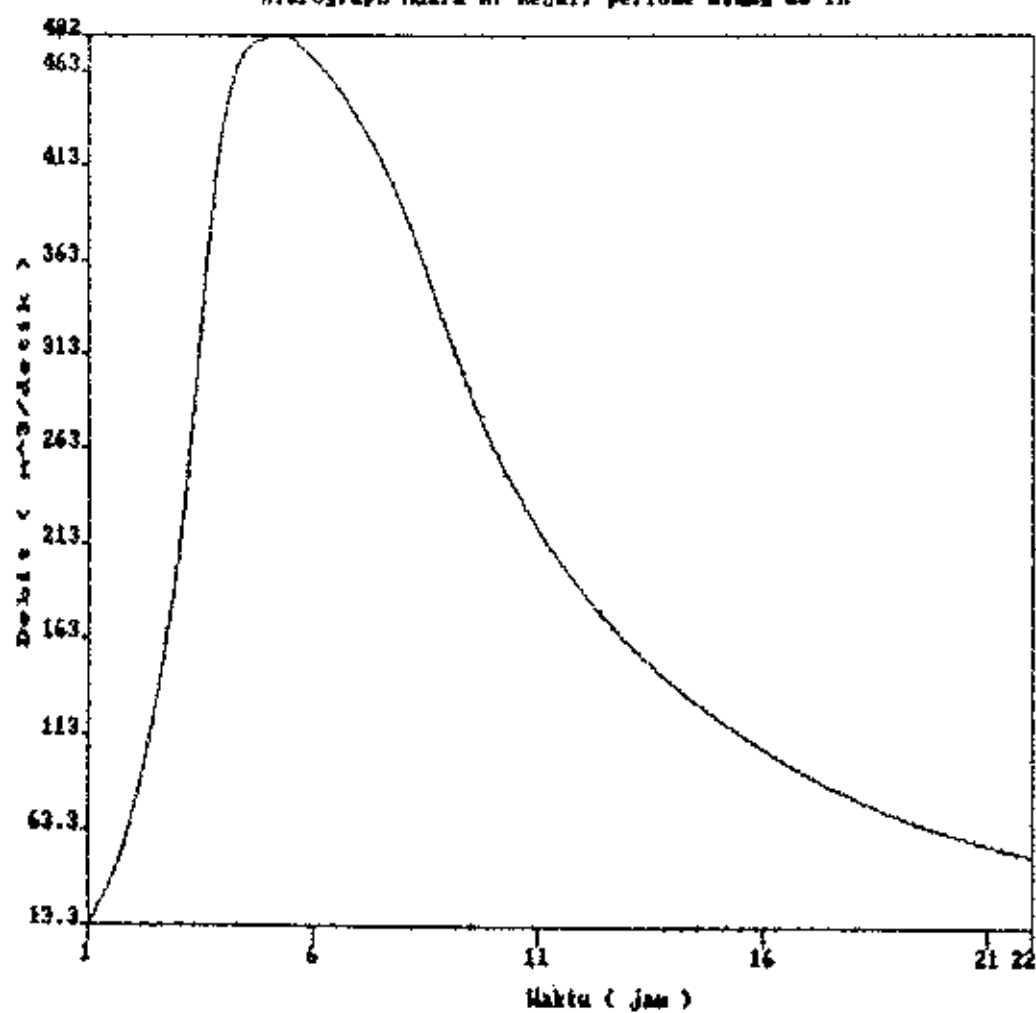


Tabel 4.14

Hidrograph Muara K. Rejati Periode Ulang 20 tahun (NAKAYATSU)

t	UH	0 - 1 R0 = 79.56	1 - 2 R0 = 20.54	2 - 3 R0 = 14.55	3 - 4 R0 = 11.56	4 - 5 R0 = 9.79	Q (m ³ /detik/m)
1	0.1682	13.38					13.38
2	0.8884	70.68	3.45				74.14
3	2.3518	187.11	18.25	2.45			207.80
4	4.6903	373.16	48.31	12.93	1.94		436.34
5	4.2794	340.47	96.34	34.22	10.27	1.65	482.94
6	3.4914	277.78	87.90	68.24	27.19	8.70	469.80
7	2.8482	226.60	71.71	62.27	54.22	23.02	437.83
8	2.3242	184.91	58.50	50.80	49.47	45.92	389.60
9	1.8961	150.85	47.74	41.44	40.36	41.90	322.29
10	1.5469	123.07	38.95	33.82	32.93	34.18	262.94
11	1.3456	107.06	31.77	27.59	26.87	27.88	221.17
12	1.1749	93.48	27.64	22.51	21.92	22.75	188.29
13	1.0255	81.59	24.13	19.58	17.88	18.56	161.74
14	0.8955	71.25	21.06	17.09	15.56	15.14	140.10
15	0.7819	62.21	18.39	14.92	13.58	13.17	122.28
16	0.6830	54.34	16.06	13.03	11.85	11.50	106.79
17	0.5963	47.44	14.03	11.38	10.35	10.04	93.24
18	0.5204	41.40	12.25	9.94	9.04	8.77	81.39
19	0.4557	36.26	10.69	8.68	7.90	7.65	71.17
20	0.4113	32.72	9.36	7.57	6.89	6.69	63.23
21	0.3716	29.56	8.45	6.63	6.02	5.84	56.50
22	0.3359	26.72	7.63	5.98	5.27	5.09	50.70

Gambar 4.14
 Hidrograph Muara K. Rejali periode banjir 20 Th



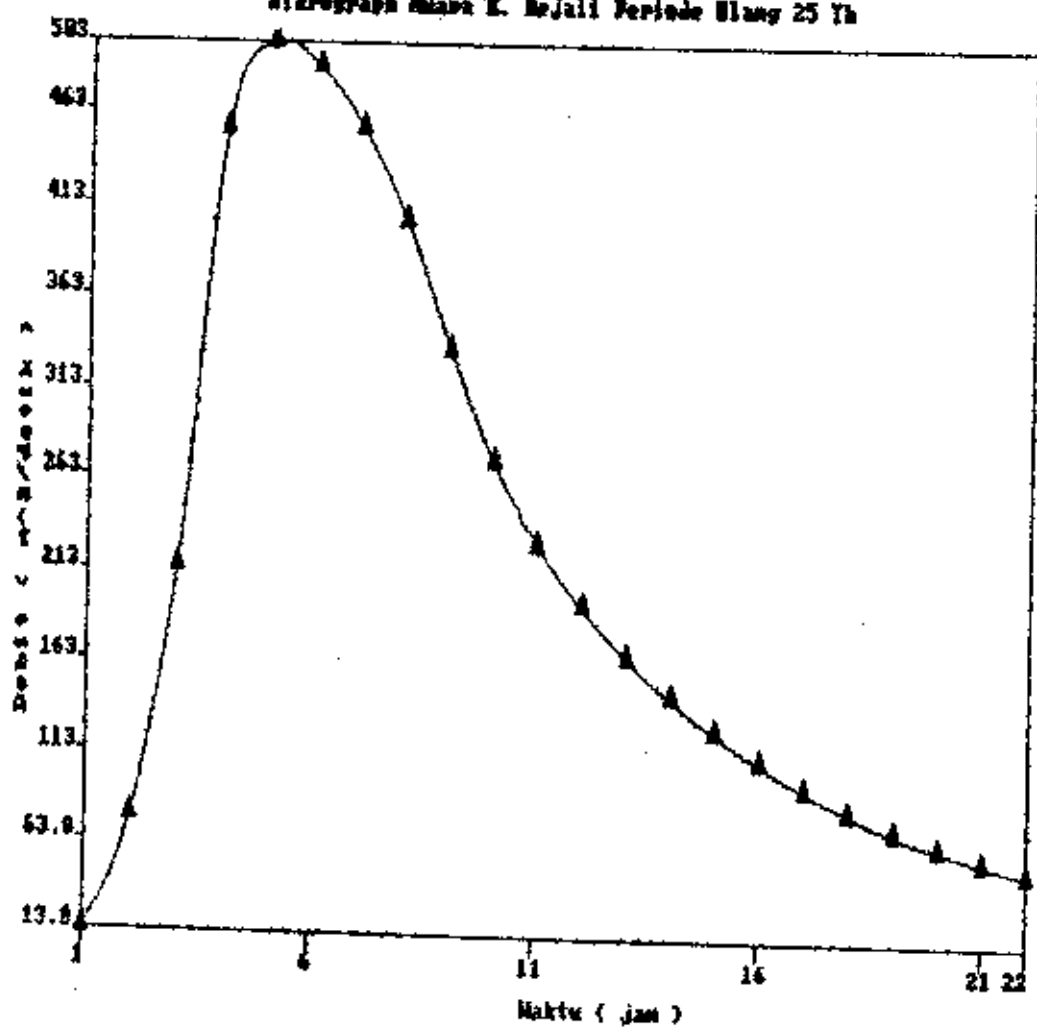
Tabel 4.15

Hidrograph Muara K. Rejati Periode Ulang 25 tahun (NAKAYATSU)

t	UH	0 - 1 R0 = 82.49	1 - 2 R0 = 21.29	2 - 3 R0 = 15.09	3 - 4 R0 = 11.99	4 - 5 R0 = 10.15	Q (m ³ /detik/mm)
1	0.1682	13.87					13.87
2	0.8884	73.28	3.68				76.97
3	2.3518	194.00	19.45	2.54			215.99
4	4.6903	386.90	51.48	13.41	2.02		453.81
5	4.2794	353.01	102.67	35.49	10.65	1.71	503.53
6	3.4914	288.01	93.68	70.78	28.20	9.02	489.67
7	2.8482	234.95	76.43	64.58	56.24	23.87	456.06
8	2.3242	191.72	62.35	52.69	51.31	47.61	405.67
9	1.8961	156.41	50.88	42.98	41.86	43.44	335.56
10	1.5469	127.60	41.51	35.07	34.15	35.44	273.77
11	1.3456	111.00	33.86	28.61	27.87	28.91	230.25
12	1.1749	96.92	29.46	23.34	22.73	23.59	196.04
13	1.0255	84.59	25.72	20.31	18.55	19.25	168.41
14	0.8955	73.87	22.45	17.73	16.13	15.70	145.88
15	0.7819	64.50	19.60	15.47	14.09	13.66	127.32
16	0.6830	56.34	17.12	13.51	12.30	11.93	111.19
17	0.5963	49.19	14.95	11.80	10.74	10.41	97.08
18	0.5204	42.93	13.05	10.31	9.37	9.09	84.75
19	0.4557	37.59	11.39	9.00	8.19	7.94	74.11
20	0.4113	33.93	9.98	7.85	7.15	6.93	65.84
21	0.3716	30.65	9.00	6.88	6.24	6.05	58.83
22	0.3359	27.71	8.13	6.21	5.46	5.28	52.80

Gambar 4.15

Hidrogram Musim K. Majali Periode Ulang 25 Th



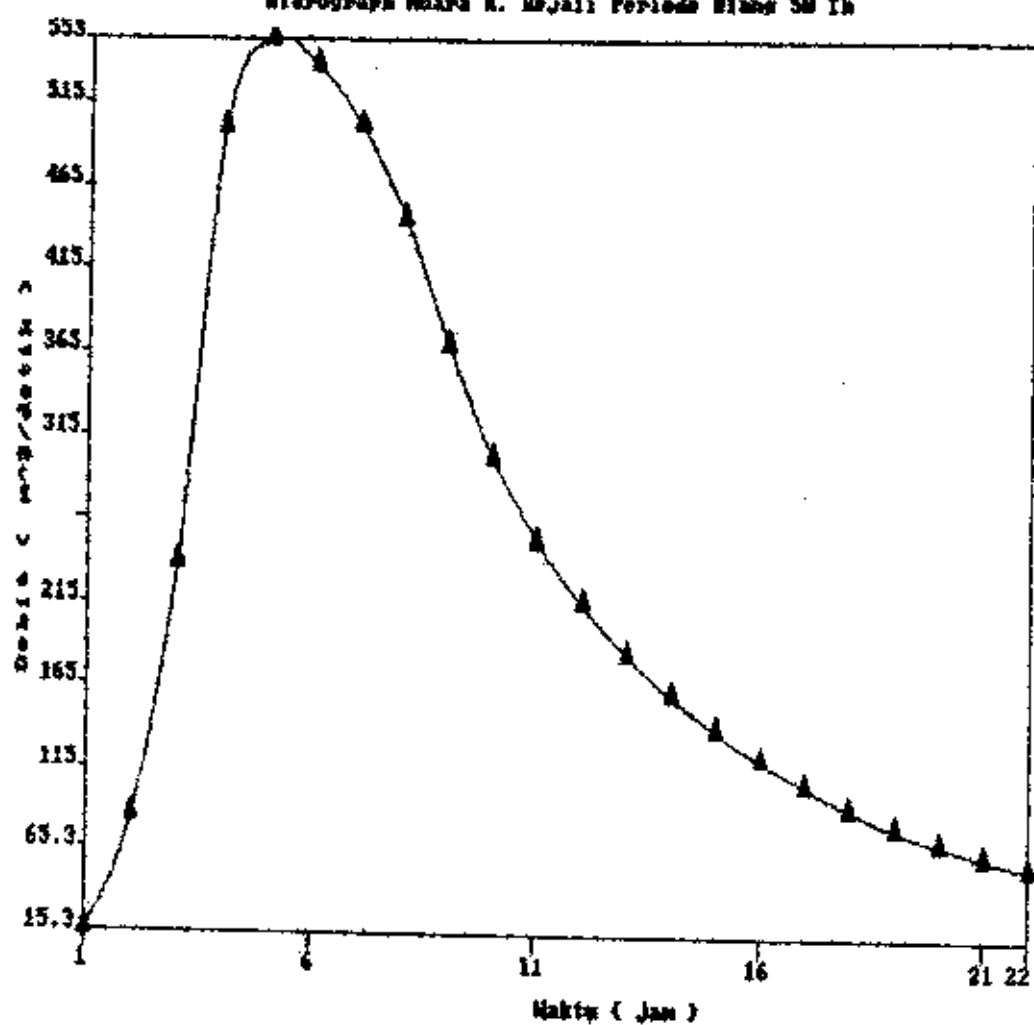
Tabel 4. 16

Hidrograph Muara K. Rejati Periode Ulang 50 tahun (NAKAYATSU)

t	UH	0 - 1 R0 = 91.26	1 - 2 R0 = 23.56	2 - 3 R0 = 16.69	3 - 4 R0 = 13.26	4 - 5 R0 = 11.23	Q (m ³ /detik/mm)
1	0.1682	15.35					15.35
2	0.8884	81.08	3.96				85.04
3	2.3518	214.63	20.93	2.81			238.36
4	4.6903	428.04	55.41	14.83	2.23		500.50
5	4.2794	390.54	110.50	39.25	11.78	1.89	553.96
6	3.4914	318.63	100.82	78.28	31.18	9.98	538.89
7	2.8482	259.93	82.26	71.42	62.19	26.41	502.21
8	2.3242	212.11	67.10	58.27	56.74	52.67	446.90
9	1.8961	173.04	54.76	47.54	46.30	48.06	369.69
10	1.5469	141.17	44.67	38.79	37.77	39.21	301.61
11	1.3456	122.80	36.44	31.65	30.82	31.99	253.69
12	1.1749	107.22	31.70	25.82	25.14	26.10	215.98
13	1.0255	93.59	27.68	22.46	20.51	21.29	185.53
14	0.8955	81.72	24.16	19.61	17.84	17.37	160.71
15	0.7819	71.36	21.10	17.12	15.58	15.11	140.28
16	0.6830	62.33	18.42	14.95	13.60	13.19	122.49
17	0.5963	54.42	16.09	13.65	11.87	11.52	106.95
18	0.5204	47.49	14.05	11.40	10.37	10.06	93.36
19	0.4557	41.59	12.26	9.95	9.06	8.78	81.64
20	0.4113	37.54	10.74	8.69	7.91	7.67	72.53
21	0.3716	33.91	9.69	7.61	6.90	6.70	64.81
22	0.3359	30.65	8.75	6.86	6.04	5.84	58.16

Gambar 4.16

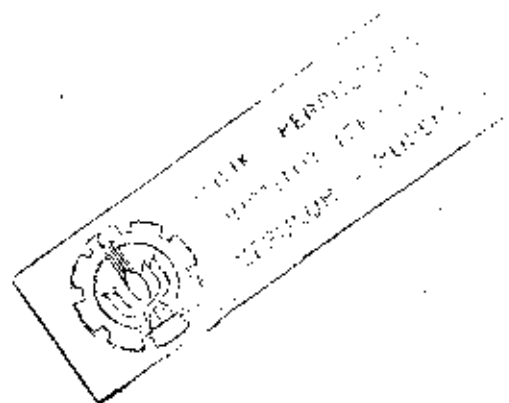
Hidrogaph Maara K. Rajali Periode Hujan SD 1h



Tabel 4.17

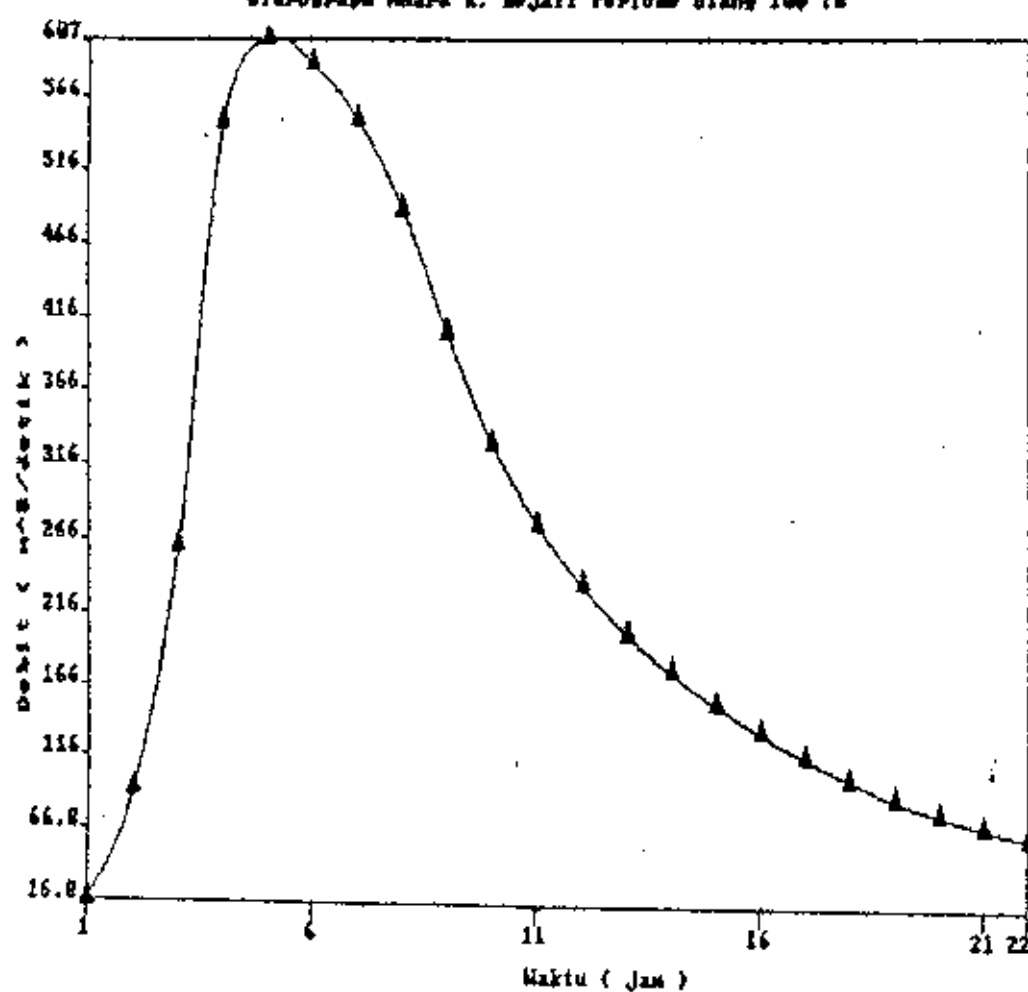
Hidrograph Muara K. Rajali Periode Ulang 100 tahun (NAKAYATSU)

t	UH	0 - 1 RO = 100.04	1 - 2 RO = 25.82	2 - 3 RO = 18.30	3 - 4 RO = 14.54	4 - 5 RO = 12.31	Q (m ³ /detik/m ²)
1	0.1682	16.83					16.83
2	0.3884	88.89	4.34				93.22
3	2.3518	235.27	22.94	3.08			261.29
4	4.6903	469.22	60.72	16.26	2.45		548.64
5	4.2794	428.11	121.10	43.04	12.92	2.07	607.24
6	3.4914	349.28	110.49	85.83	34.20	10.94	590.74
7	2.8482	284.93	90.15	78.31	68.20	28.95	550.94
8	2.3242	232.51	73.54	63.89	62.22	57.74	489.91
9	1.8961	189.69	60.01	52.12	50.76	52.68	405.26
10	1.5469	154.75	48.96	42.53	41.41	42.98	330.63
11	1.3456	134.61	39.94	34.70	33.79	35.06	278.11
12	1.1749	117.54	34.74	28.31	27.57	28.61	236.77
13	1.0255	102.59	30.34	24.62	22.49	23.34	203.38
14	0.8955	89.59	26.48	21.50	19.57	19.04	176.17
15	0.7819	78.22	23.12	18.77	17.08	16.56	153.76
16	0.6830	68.33	20.19	16.39	14.91	14.46	134.28
17	0.5963	59.65	17.64	14.31	13.02	12.62	117.24
18	0.5204	52.06	15.40	12.50	11.37	11.02	102.35
19	0.4557	45.59	13.44	10.91	9.93	9.63	89.49
20	0.4113	41.15	11.77	9.52	8.67	8.41	79.51
21	0.3716	37.17	10.62	8.34	7.57	7.34	71.04
22	0.3359	33.60	9.59	7.53	6.63	6.41	63.76

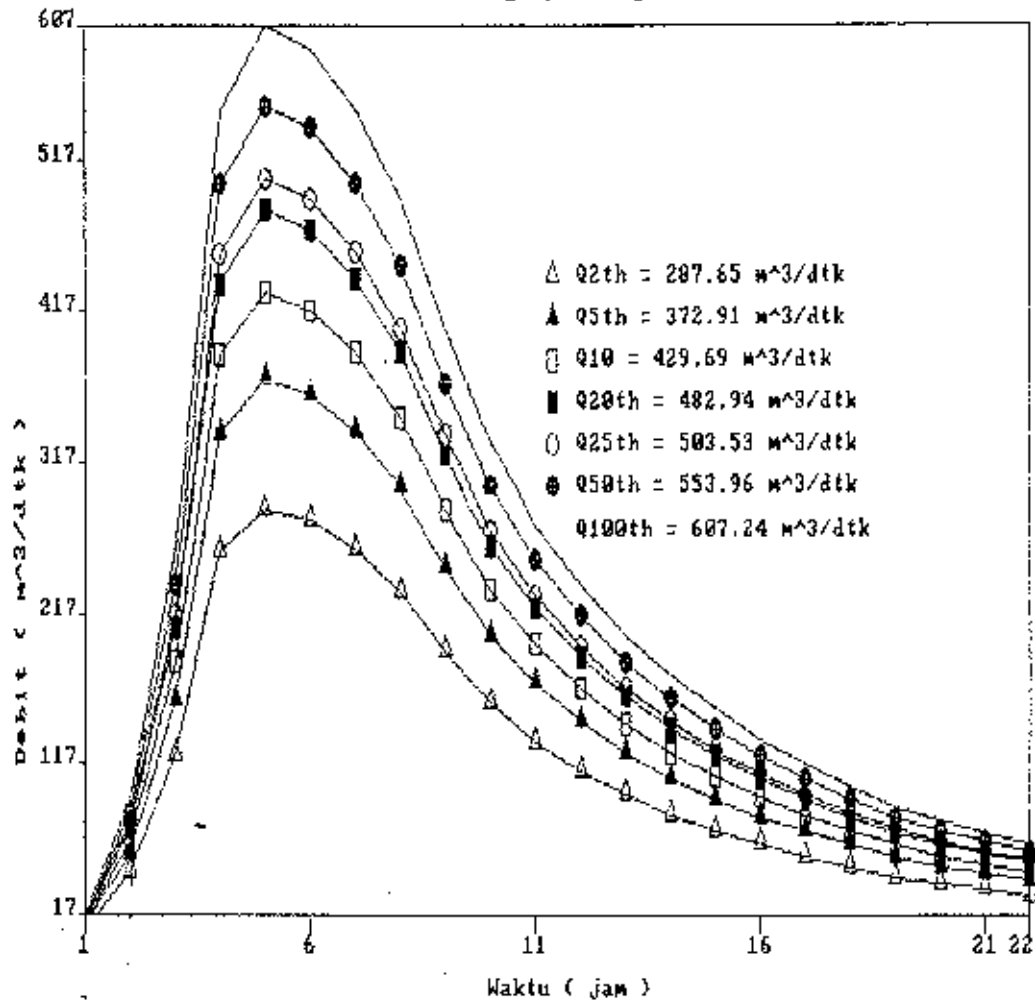


Gambar 4.17

Widograph Maara K. Mojali Periode Ulang 100 Th



Gambar 4.18
Hidrogaph Nakayatsu



4.4.3.4 Debit Rata-Rata Bulanan

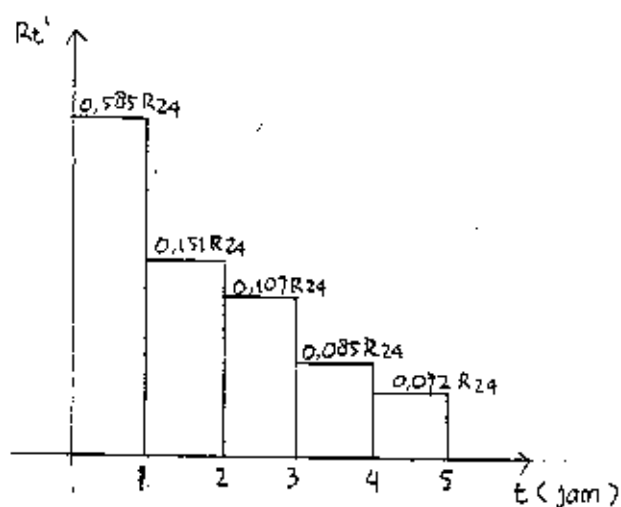
Debit rata-rata bulanan dipakai untuk memperkirakan jumlah sedimen yang terangkut dalam suatu aliran sungai.

Mengingat data debit rata-rata bulanan pada DAS Rejali tidak ada maka perhitungan didasarkan pada curah hujan yang ada, yakni data hujan selama 10 (sepuluh) tahun dari tahun 1980 - 1989, (tabel 4.19)

Dengan menggunakan methoda Theissen untuk perhitungan curah hujan rata-rata bulanan (tabel 4.19b), selanjutnya dengan methoda Nakayatsu untuk mendapatkan debit rata-rata bulanan.

• Lama hujan terspusat yang terjadi didaerah aliran sungai Rejali adalah 5 jam perhari.

Pembagian curah hujan tiap jamnya dihitung dengan methoda Rasional sehingga diperoleh pola distribusi hujannya adalah sebagai berikut. (Gambar 4.20)



Gambar 4.20 Pola Distribusi Hujan

Dari perkalian data hujan tersebut sesuai polanya dengan koefisien pengaliran diperoleh distribusi hujan perjam dan selanjutnya hasil tersebut dikalikan dengan hujan rata-rata bulanan.

• Contoh Hitungan :

Januari : 0 - 1 ---> $0,585 \times 0,75 \times 40,56 = 17,80 \text{ mm.}$

1 - 2 ---> $0,151 \times 0,75 \times 40,56 = 4,59 \text{ mm, dst}$

Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.21 Distribusi Hujan Rata-Rata Bulanan

t	Januari	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
0 - 1	17.80	13.61	12.53	12.75	16.08	11.67	7.19	6.28	5.98	16.89	15.09	14.85
1 - 2	4.59	3.51	3.23	3.29	4.15	3.01	1.86	1.62	1.54	4.36	4.15	3.63
2 - 3	3.25	2.49	2.29	2.33	2.94	2.13	1.31	1.15	1.09	3.09	2.94	2.72
3 - 4	2.59	1.98	1.82	1.85	2.34	1.70	1.04	0.91	0.87	2.45	2.34	2.16
4 - 5	2.19	1.68	1.58	1.57	1.98	1.44	0.88	0.77	0.74	2.08	1.98	1.83

• Dari distribusi hujan tersebut kemudian dengan methoda Nakayatsu didapatkan hidrograph untuk debit rata-rata bulanan.

Tabel 4.23
Hidrogaph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan Februari

t	UH					Q				
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	0	1	2	3	4
1	0.1682	2.289	13.61	3.51	2.49	1.98	1.68	1.68	1.68	1.68
2	0.8884	12.091	0.590	3.118	0.419	0.333	0.283	1.493	3.951	7.880
3	2.3518	32.008	8.255	8.255	2.212	0.333	0.283	1.493	3.951	7.880
4	4.6903	63.835	16.463	16.463	5.856	0.333	0.283	1.493	3.951	7.880
5	4.2794	58.243	15.021	15.021	11.679	1.493	3.951	7.880	15.760	31.520
6	3.4914	47.518	12.255	12.255	10.656	3.951	7.880	15.760	31.520	63.040
7	2.8482	38.764	9.997	9.997	8.694	7.880	15.760	31.520	63.040	126.080
8	2.3242	31.632	8.158	8.158	7.092	15.760	31.520	63.040	126.080	252.160
9	1.8961	25.806	6.655	6.655	5.787	31.520	63.040	126.080	252.160	504.320
10	1.5469	21.053	5.430	5.430	4.721	63.040	126.080	252.160	504.320	1008.640
11	1.3456	18.314	4.723	4.723	3.852	126.080	252.160	504.320	1008.640	2017.280
12	1.1749	15.990	4.124	4.124	3.351	252.160	504.320	1008.640	2017.280	4034.560
13	1.0255	13.957	3.600	3.600	2.926	504.320	1008.640	2017.280	4034.560	8069.120
14	0.8955	12.188	3.143	3.143	2.553	1008.640	2017.280	4034.560	8069.120	16138.240
15	0.7819	10.642	2.744	2.744	2.230	2017.280	4034.560	8069.120	16138.240	32276.480
16	0.683	9.296	2.397	2.397	1.947	4034.560	8069.120	16138.240	32276.480	64552.960
17	0.5963	8.116	2.093	2.093	1.701	8069.120	16138.240	32276.480	64552.960	129105.920
18	0.5204	7.083	1.827	1.827	1.485	16138.240	32276.480	64552.960	129105.920	258211.840
19	0.4557	6.202	1.600	1.600	1.296	32276.480	64552.960	129105.920	258211.840	516423.680
20	0.4113	5.598	1.444	1.444	1.135	64552.960	129105.920	258211.840	516423.680	1032847.360
21	0.3716	5.057	1.304	1.304	1.024	129105.920	258211.840	516423.680	1032847.360	2065694.720
22	0.3359	4.572								

Tabel 4.24
Hidrograph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan Maret

t	UH	0 - 1 12.53	1 - 2 3.23	2 - 3 2.29	3 - 4 1.82	4 - 5 1.54	Q (m ³ /dik)
1	0.1682	2.108					2.108
2	0.8884	11.132	0.543				11.675
3	2.3518	29.468	2.870	0.385			32.723
4	4.6903	58.769	7.596	2.034	0.306		68.706
5	4.2794	53.621	15.150	5.386	1.617	0.259	76.032
6	3.4914	43.747	13.822	10.741	4.280	1.368	73.959
7	2.8482	35.688	11.277	9.800	8.536	3.622	68.923
8	2.3242	29.122	9.200	7.995	7.789	7.223	61.329
9	1.8961	23.758	7.507	6.522	6.354	6.590	50.732
10	1.5469	19.383	6.124	5.322	5.184	5.377	41.390
11	1.3456	16.860	4.996	4.342	4.230	4.386	34.815
12	1.1749	14.721	4.346	3.542	3.451	3.579	29.640
13	1.0255	12.850	3.795	3.081	2.815	2.920	25.461
14	0.8955	11.221	3.312	2.691	2.449	2.382	22.055
15	0.7819	9.797	2.892	2.348	2.138	2.072	19.249
16	0.683	8.558	2.526	2.051	1.866	1.809	16.810
17	0.5963	7.472	2.206	1.791	1.630	1.579	14.677
18	0.5204	6.521	1.926	1.564	1.423	1.379	12.813
19	0.4557	5.710	1.681	1.366	1.243	1.204	11.204
20	0.4113	5.154	1.472	1.192	1.085	1.052	9.954
21	0.3716	4.656	1.328	1.044	0.947	0.918	8.894
22	0.3359	4.209	1.200	0.942	0.829	0.801	7.962



UH	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	0
1	0.1682	2.146	0.553	0.392	0.311	2.145
2	0.8884	11.327	2.923	0.392		11.880
3	2.3518	29.985	2.923			33.300
4	4.6903	59.801	7.737	2.070	0.311	69.920
5	4.2794	54.562	15.431	5.480	1.644	77.381
6	3.4914	44.515	14.079	10.928	4.351	75.269
7	2.8482	36.315	11.487	9.971	8.677	70.142
8	2.3242	29.634	9.371	8.135	7.917	62.420
9	1.8961	24.175	7.647	6.636	6.459	51.636
10	1.5469	19.723	6.238	5.415	5.269	42.127
11	1.3456	17.156	5.089	4.418	4.300	35.435
12	1.1749	14.980	4.427	3.604	3.508	30.168
13	1.0255	13.075	3.865	3.135	2.862	25.914
14	0.8955	11.418	3.374	2.738	2.489	22.447
15	0.7819	9.969	2.946	2.389	2.174	19.591
16	0.683	8.708	2.572	2.087	1.897	17.109
17	0.5953	7.602	2.247	1.822	1.657	14.938
18	0.5204	6.635	1.962	1.591	1.447	13.041
19	0.4587	5.810	1.712	1.389	1.264	11.403
20	0.4113	5.244	1.499	1.213	1.103	10.131
21	0.3716	4.738	1.353	1.062	0.963	9.052
22	0.3359	4.283	1.223	0.958	0.843	8.124

Tabel 4.25
Hidrogaph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan April

Tabel 4.26
Hidrograph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan Mei

t	UH	0 - 16.08	1 - 2 4.15	2 - 3 2.94	3 - 4 2.34	4 - 5 1.98	Q (m ³ /dtk)
1	0.1682	2.705					2.705
2	0.8884	14.285	0.698				14.984
3	2.3518	37.817	3.687	0.495			41.998
4	4.6903	75.420	9.760	2.612	0.394		88.185
5	4.2794	68.813	19.465	6.914	2.079	0.333	97.604
6	3.4914	56.142	17.760	13.789	5.503	1.759	94.953
7	2.8482	45.799	14.489	12.581	10.975	4.657	88.502
8	2.3242	37.373	11.820	10.265	10.014	9.287	78.758
9	1.8961	30.489	9.645	8.374	8.170	8.473	65.152
10	1.5469	24.874	7.869	6.833	6.665	6.913	53.154
11	1.3456	21.637	6.420	5.575	5.439	5.639	44.709
12	1.1749	18.892	5.584	4.548	4.437	4.602	38.063
13	1.0255	16.490	4.876	3.956	3.620	3.754	32.696
14	0.8955	14.400	4.256	3.454	3.149	3.063	28.321
15	0.7819	12.573	3.716	3.015	2.749	2.664	24.718
16	0.683	10.983	3.245	2.633	2.400	2.326	21.586
17	0.5963	9.589	2.834	2.299	2.095	2.030	18.848
18	0.5204	8.368	2.475	2.008	1.830	1.773	16.453
19	0.4557	7.328	2.160	1.753	1.598	1.548	14.387
20	0.4113	6.614	1.891	1.530	1.395	1.352	12.783
21	0.3716	5.975	1.707	1.340	1.218	1.181	11.420
22	0.3359	5.401	1.542	1.209	1.066	1.030	10.249

Tabel 4.27
Hidrogaph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan Juni

UH	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	Q (m ³ /dk)
1	0.1682	1.963	10.368	0.506	2.674	0.358
2	0.8884	27.446	7.079	14.118	5.009	1.892
3	2.3518	27.446	2.674	0.506	0.358	0.286
4	4.6903	54.736	1.892	1.892	1.510	0.242
5	4.2794	49.941	14.118	5.009	1.510	0.242
6	3.4914	40.745	12.881	9.990	3.998	1.279
7	2.8482	33.238	10.509	9.115	7.974	3.387
8	2.5242	27.123	8.573	7.437	7.275	6.754
9	1.8961	22.127	6.996	6.067	5.935	6.162
10	1.5469	18.052	5.707	4.951	4.842	5.028
11	1.3456	15.703	4.656	4.039	3.951	4.101
12	1.1749	13.711	4.050	3.295	3.223	3.347
13	1.0255	11.968	3.536	2.866	2.630	2.730
14	0.8955	10.450	3.087	2.503	2.288	2.228
15	0.7819	9.125	2.695	2.184	1.997	1.938
16	0.683	7.971	2.354	1.907	1.743	1.692
17	0.5963	6.959	2.056	1.665	1.522	1.477
18	0.5204	6.073	1.795	1.455	1.329	1.290
19	0.4557	5.318	1.566	1.270	1.161	1.126
20	0.4113	4.800	1.372	1.108	1.014	0.984
21	0.3716	4.337	1.238	0.971	0.885	0.859
22	0.3359	3.920	1.119	0.876	0.775	0.749

Tabel 4.28
Hidrogaph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan Juli

t	UH	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	Q (m ³ /dtk)
1	0.1682	1.209	0.313	1.652	0.220	0.175	1.209
2	0.8884	6.388	8.724	3.081	2.446	0.148	6.700
3	2.3518	16.909	1.652	1.164	0.924		18.762
4	4.6903	33.723	4.374	1.164	0.175		39.436
5	4.2794	30.769	8.724	3.081	0.924		43.646
6	3.4914	25.103	7.960	6.144	2.446	0.782	42.435
7	2.8482	20.479	6.494	5.606	4.878	2.070	39.526
8	2.3242	16.711	5.298	4.674	4.451	4.127	35.160
9	1.8961	13.633	4.323	3.731	3.631	3.766	29.084
10	1.5469	11.122	3.527	3.045	2.962	3.072	23.728
11	1.3456	9.675	2.877	2.484	2.417	2.506	19.960
12	1.1749	8.448	2.503	2.026	1.972	2.045	16.994
13	1.0255	7.373	2.185	1.763	1.609	1.669	14.599
14	0.8956	6.439	1.907	1.539	1.399	1.361	12.646
15	0.7819	5.622	1.666	1.343	1.222	1.184	11.037
16	0.683	4.911	1.454	1.173	1.067	1.034	9.639
17	0.5963	4.287	1.270	1.024	0.931	0.902	8.416
18	0.5204	3.742	1.109	0.895	0.813	0.788	7.347
19	0.4557	3.276	0.968	0.781	0.710	0.688	6.424
20	0.4113	2.957	0.848	0.682	0.620	0.601	5.708
21	0.3716	2.672	0.765	0.597	0.541	0.525	5.100
22	0.3359	2.415	0.691	0.539	0.474	0.458	4.577

Tabel 4.29
Hidrograph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan Agustus

	UH	0 - 1 6.28	1 - 2 1.62	2 - 3 1.15	3 - 4 0.91	4 - 5 0.77	Q (m ³ /dtk)
1	0.1682	1.056					1.056
2	0.8884	5.579	0.272				5.852
3	2.3518	14.769	1.439	0.193			16.402
4	4.6903	29.455	3.810	1.022	0.153		34.440
5	4.2794	26.875	7.598	2.705	0.808	0.130	38.115
6	3.4914	21.926	6.933	5.394	2.140	0.684	37.077
7	2.8482	17.887	5.656	4.921	4.268	1.811	34.543
8	2.3242	14.596	4.614	4.015	3.894	3.612	30.731
9	1.8961	11.908	3.765	3.275	3.177	3.295	25.420
10	1.5469	9.715	3.072	2.673	2.592	2.688	20.739
11	1.3456	8.450	2.506	2.181	2.115	2.193	17.445
12	1.1749	7.378	2.180	1.779	1.725	1.790	14.652
13	1.0255	6.440	1.903	1.547	1.408	1.460	12.759
14	0.8955	5.624	1.661	1.351	1.224	1.191	11.052
15	0.7819	4.910	1.451	1.179	1.069	1.036	9.646
16	0.683	4.289	1.267	1.030	0.933	0.905	8.424
17	0.5963	3.745	1.106	0.899	0.815	0.790	7.355
18	0.5204	3.268	0.966	0.785	0.712	0.690	6.421
19	0.4557	2.862	0.843	0.686	0.622	0.602	5.614
20	0.4113	2.583	0.738	0.598	0.543	0.526	4.988
21	0.3716	2.334	0.666	0.524	0.474	0.459	4.457
22	0.3359	2.109	0.602	0.473	0.415	0.401	4.000

Tabel 4.30
Hidrograph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan September

UH	0 - 1 5.98	1 - 2 1.54	2 - 3 1.09	3 - 4 0.87	4 - 5 0.74	Q (m ³ /dtk)
1	0.1682	1.006				1.006
2	0.8884	5.313	0.259			5.572
3	2.3518	14.064	1.368	0.183		15.615
4	4.6903	28.048	3.622	0.968	0.146	32.784
5	4.2794	25.591	7.223	2.563	0.773	36.275
6	3.4914	20.879	6.590	5.112	2.046	35.285
7	2.8482	17.032	5.377	4.665	4.081	32.894
8	2.3242	13.899	4.386	3.806	3.723	29.284
9	1.8961	11.339	3.579	3.105	3.038	24.227
0	1.5469	9.250	2.920	2.533	2.478	19.765
1	1.3456	8.047	2.382	2.067	2.022	16.625
2	1.1749	7.026	2.072	1.686	1.650	14.154
3	1.0255	6.132	1.809	1.467	1.346	12.157
4	0.8955	5.355	1.579	1.281	1.171	10.530
5	0.7819	4.676	1.379	1.118	1.022	9.191
6	0.683	4.084	1.204	0.976	0.892	8.026
7	0.5963	3.566	1.052	0.852	0.779	7.008
8	0.5204	3.112	0.918	0.744	0.680	6.118
9	0.4557	2.725	0.801	0.650	0.594	5.349
0	0.4113	2.460	0.702	0.567	0.519	4.753
1	0.3716	2.222	0.633	0.497	0.453	4.246
2	0.3359	2.009	0.572	0.448	0.396	3.811

Tabel 4.3
Hidrograph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan Oktober

UH	0 - 1 16.89	1 - 2 4.36	2 - 3 3.09	3 - 4 2.45	4 - 5 2.08	Q (m ³ /dtk)
0.1682	2.841					2.841
0.8884	15.005	0.733				15.738
2.3518	39.722	3.873	0.520			44.115
4.6903	79.219	10.254	2.745	0.442		92.630
4.2794	72.279	20.450	7.267	2.177	0.350	102.522
3.4914	58.970	18.658	14.493	5.762	1.848	99.731
2.8482	48.106	15.223	13.223	11.491	4.892	92.936
2.3242	39.256	12.418	10.788	10.485	9.756	82.703
1.8951	32.025	10.134	8.801	8.554	8.901	68.415
1.5469	26.127	8.267	7.182	6.978	7.262	55.816
1.3456	22.727	6.744	5.859	5.694	5.924	46.949
1.1749	19.844	5.867	4.780	4.645	4.834	39.971
1.0255	17.321	5.123	4.158	3.790	3.944	34.335
0.8955	15.125	4.471	3.630	3.297	3.218	29.741
0.7819	13.206	3.904	3.169	2.879	2.799	25.957
0.683	11.536	3.409	2.767	2.512	2.444	22.668
0.5963	10.072	2.978	2.416	2.194	2.133	19.792
0.5204	8.790	2.600	2.110	1.916	1.863	17.278
0.4557	7.697	2.269	1.843	1.673	1.626	15.108
0.4113	6.947	1.987	1.608	1.461	1.421	13.423
0.3716	6.276	1.793	1.408	1.275	1.240	11.993
0.3359	5.673	1.620	1.271	1.116	1.082	10.763

Tabel 4.32
Hidrograph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan Nopember

UH	0 - 1 16.09	1 - 2 4.15	2 - 3 2.94	3 - 4 2.34	4 - 5 1.98	Q (m ³ /dtK)
1	0.1682	2.706				2.706
2	0.8884	14.294	0.698			14.992
3	2.3518	37.840	3.687	0.495		42.022
4	4.6903	75.467	9.760	2.612	0.394	88.232
5	4.2794	68.856	19.465	6.914	2.079	97.646
6	3.4914	56.177	17.760	13.789	5.503	94.988
7	2.8482	45.828	14.489	12.581	10.975	88.530
8	2.3242	37.396	11.820	10.265	10.014	78.782
9	1.8961	30.508	9.645	8.374	8.170	65.170
0	1.5469	24.890	7.869	6.833	6.665	53.169
1	1.3456	21.651	6.420	5.575	5.439	44.723
2	1.1749	18.904	5.584	4.548	4.437	38.075
3	1.0255	16.500	4.876	3.956	3.620	32.706
4	0.8955	14.409	4.256	3.454	3.149	28.330
5	0.7819	12.581	3.716	3.015	2.749	24.726
6	0.683	10.989	3.245	2.633	2.400	21.593
7	0.5963	9.594	2.834	2.299	2.095	18.854
8	0.5204	8.373	2.475	2.008	1.830	16.459
9	0.4557	7.332	2.160	1.753	1.598	14.391
0	0.4113	6.618	1.891	1.530	1.395	12.787
1	0.3716	5.979	1.707	1.340	1.218	11.424
2	0.3359	5.405	1.542	1.209	1.066	10.263

Tabel 4.33
Hidrogaph Nakayatsu Pada Debit Rata-Rata Bulan Desember

UH	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	0
0.1682	2.498	0.644	0.458			2.498
0.8884	13.193	3.403				13.837
2.3518	34.924	3.403	0.458			38.784
4.6903	69.651	9.007	2.416	0.363		81.438
4.2794	63.549	17.964	6.397	1.919	0.308	90.137
3.4914	51.847	16.390	12.758	5.080	1.626	87.701
2.8482	42.296	13.372	11.640	10.131	4.304	81.743
2.3242	34.514	10.909	9.497	9.244	8.583	72.746
1.8961	28.157	8.902	7.747	7.541	7.831	60.179
1.5469	22.971	7.262	6.322	6.152	6.389	49.097
1.3456	19.982	5.925	5.157	5.020	5.212	41.297
1.1749	17.447	5.154	4.208	4.096	4.253	35.157
1.0255	15.229	4.500	3.660	3.341	3.470	30.200
0.8955	13.298	3.928	3.196	2.906	2.831	26.159
0.7819	11.611	3.430	2.789	2.538	2.462	22.831
0.683	10.143	2.995	2.436	2.215	2.150	19.938
0.5963	8.855	2.616	2.127	1.934	1.877	17.409
0.5204	7.728	2.284	1.858	1.689	1.639	15.197
0.4567	6.767	1.993	1.622	1.475	1.431	13.288
0.4113	6.108	1.745	1.416	1.288	1.250	11.807
0.3716	5.518	1.575	1.240	1.124	1.091	10.548
0.3359	4.988	1.423	1.119	0.984	0.952	9.467

Untuk daerah gunung semeru nilai $K = 0,32$ (dari hasil pengukuran di laboratorium oleh Proyek Semeru)

■ Faktor Erosifitas Hujan (R)

Erosifitas hujan adalah kemampuan dari hujan untuk mengerosi tanah.

Besarnya nilai faktor erosivitas hujan dipakai perumusan dari Bols.

Perumusan tersebut adalah :

$$R = EI30, \text{ harian} = \frac{2,467 Rh^2}{0,0727 Rh + 0,725}$$

Dimana :

$Rh = \text{Curah hujan harian (cm)}.$

■ Faktor Lereng (Ls)

Nilai faktor lereng ditentukan oleh panjang lereng (L) dan kemiringan tanah (S)

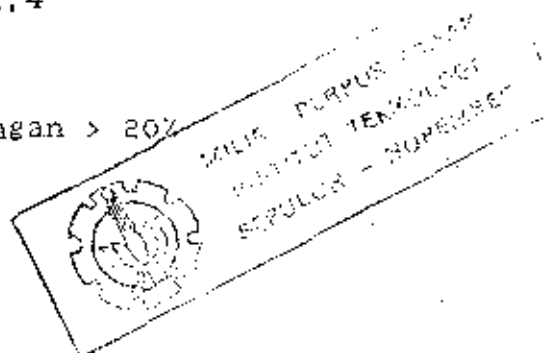
Besarnya faktor lereng dihitung dengan menggunakan perumusan dari Weischmeir :

$$Ls = L^{0,5} (0,0138 + 0,00465 S + 0,00138 S^2)$$

-----> untuk Kemiringan < 20%

$$Ls = (\frac{L}{22,1})^{0,6} \times (\frac{S}{9})^{1,4}$$

-----> untuk Kemiringan > 20%



Dimana :

L = Panjang lereng (m).

S = Kemiringa lereng rata-rata (%)

■ Faktor Pengelolaan Tanaman Dan Konservasi Tanah(C x P)

Faktor pengelolaan tanaman merupakan perbandingan antara erosi tanah dari lahan yang diusahakan untuk suatu tanaman yang ditanami searah dengan lereng terhadap erosi dari lahan yang terus menerus dalam keadaan diolah tapi tidak ditanamai dimana faktor-faktor lainnya sama.

Faktor konservasi tanah (P) merupakan perbandingan antara jumlah tanah tererosi pada keadaan lahan, dimana diterapkan tindakan konservasi tanah terhadap jumlah tanah yang tererosi pada lahan yang ditanami menurut pola penanaman searah kemiringan lereng.

Faktor C & P tidak dapat dipisahkan secara jelas karena nilai yang didapat merupakan interaksi dari faktor tanaman dan pengelolaan konservasi tanah.

Adapun nilai C x P dari berbagai jenis tata guna tanah tertera dalam tabel 4.34

Tabel 4.34

Nilai C x P terhadap penggunaan tanah

<u>Jenis penggunaan Tanah</u>	<u>Nilai C x P</u>
Hutan tak terganggu	0,001
Hutan tanpa undergrowth	0,003
Hutan tanpa undergrowth & seresah	0,5
Semak tak terganggu	0,010
Sebagai rumput	0,100
Kebun campuran tahun	0,020
Kebunan	0,070
Kebun pekarangan	0,200
Perkebunan penutupan tanah sempurna	0,010
Penutupan tanah sebagian	0,070
Perumputan penutupan tanah sempurna	0,070
Ditumbuhi alang-alang	0,020
Pembakaran alang-alang setahun sekali	0,060
Jenis serai	0,650
Tanaman pertanian umbi-umbi bakar	0,630
Biji-bijian	0,510
Kacang-kacangan	0,360
Campuran	0,430
Pada irigasi	0,020

• Dalam perhitungan ini berdasarkan pada data yang tersedia, perhitungan dilakukan pada tiap daerah basic point.

- Hasil perhitungan tertera pada tabel 4.35

Tabel 4.35 Hasil Perhitungan Erosi Permukaan

Point	1 2		1 2		1 2		R _h = 7,63 [cm]	R = 8130	CzP	1 2		1 2		1 2	
	A (Km ²)		L (m)		S (%)					Ls		A (m ³ /th) x 10 ⁴ %		V (m ³ /th)	
K BB	7,15	5,525	1000	470	20,37	27,61	7,63	112,23	0,07	30,904	30,073	43,162	42	30860,83	23205
h BB	2,899	2,831	460	470	35,05	15,14	7,63	112,23	0,07	42,534	10,324	61,1	14,419	17712,89	4082,02
ro	35,325	10,5	2480	2370	17,05	7,05	7,63	112,23	0,01	20,856	7,974	5,757	1,519	19760,90	1670,55
i	11,625	45,975	580	4050	5,07	7,14	7,63	112,23	0,01	2,365	9,743	0,472	1,984	548,1	8931,54
a	2,6	5,3	580	1180	13,69	1,09	7,63	112,23	0,002	9,743	4,144	3,888	1,654	1010,88	876,62

gan :

1 = Kanan

2 = Kiri

4.4.2 Perhitungan Erosi Tanah Gundul

Mengingat data land slide dan patahan tebing sekitar gunung Semeru tidak ada, maka untuk memperkirakannya dipakai pendekatan dengan perhitungan erosi tanah gundul.

Dipakai perumusan :

$$Q_s = 0,35 \times a \times \sin^3 \theta \times C^* \text{ (Reff no 2)}.$$

Dimana :

$$Q_s = \text{Volume dari erosi sediment (m}^3 \text{ / tahun)}$$

$$a = \text{Luas tanah gundul (m}^2 \text{)}$$

$$\theta = \text{Sudut lereng rata-rata (derajat)}$$

$$C^* = \text{Kosentarası darai butiran debris (= 0,55)}.$$

• Dari peta land use didapatkan daerah gundul pada K.

Curah Lengkong dengan sudut lereng $14,306^\circ$, diperoleh erosi tanah gundul sebesar :

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,35 \times 2,62.10^6 \times \sin^3 (14,306) \times 0,55 \\ &= 7609,44 \text{ m}^3 \text{ / tahun.} \end{aligned}$$

4.4.3 Total Volume Sediment

Total volume sediment dalam satu tahun didapat dari volume sediment hasil erosi lahan serta dari erosi tanah gundul.

Adapun hasilnya tertera pada tabel 4.36

Tabel 4.36 Total Volume Sediment

DAS	3 Volume Sediment (m /th)		3 (m /th)
	Erosi Lahan	Erosi Tanah Gundul	
K. Besuk-Koboan	54065,83	-	54065,83
K. Curah-Lengkong	21794,91	7609,44	29404,35
K. Regoyo	21431,45	-	21431,45
K. Rejali	9486,24	-	9486,24
Muara	1887,50	-	1887,50
			V = 116275,37

4.5.3 Analisa Angkutan sedimen

Dalam menghitung volume sedimen yang terangkut pada suatu penampang sungai diperlukan data debit, ukuran profil sungai serta data gradasi sediment. Untuk analisa tersebut dipakai methoda MPH (Meyer Peter Muler) , adapun perumusannya sebagai berikut :

$$\tau_0 = \rho g h i$$

$$U = C (R i)^{1/2}$$

$$C' = 18 \log \frac{12R}{D_{90}}$$

$$\mu = \frac{\tau_0'}{\tau_0} = \left(\frac{C}{C'} \right)^{3/2}$$

$$\phi = (4\mu - 0,188)^{3/2}$$



$$\psi = \frac{C_o}{g \cdot f_w \cdot D50}$$

$$\Delta = \frac{f_s - f_w}{f_w}$$

$$S = \phi \cdot \sqrt{\Delta} \cdot g \cdot (D50)^3$$

Dimana :

S = Kapasitas angkut sedimen.

V = Kecepatan rata-rata (m / dt)

μ = Faktor Ripple.

C = Koefisien chezy.

D = Diameter butiran (mm).

Material dasar sungai

Dari hasil survey yang dilakukan JICA didapatkan distribusi ukuran dari material dasar sungai, material mountainside dan komponen material lahar yang mengalir di down stream mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1. Distribusi ukuran butiran dari material dasar sungai pada K. Mujur hampir sama dengan yang terdapat di K. Rejali.

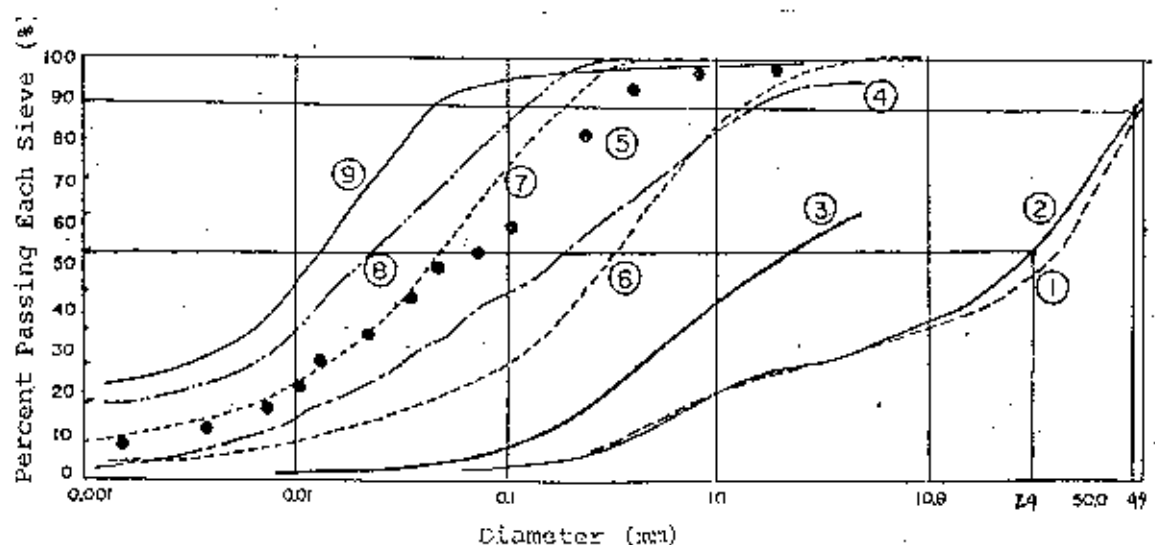
Untuk material dasar sungai pada K. Glidik lebih halus dibandingkan dengan dengan K. mujur dan K. Rejali.

2. Kandungan silt ($d < 0,074$ mm) dari riverbed

material adalah lebih sedikit, kurang lebih 5%.

3. Deposit pada K. Lengkong lebih halus dari material riverbed dan mengandung silt 25%.
4. Deposit dari patahan tebing di daerah upper stream Besuk Tunggang mengandung 55% silt.
5. Distribusi ukuran butiran dari material lahar yang turun di Besuk Bang hampir identik dengan karakteristik distribusi dari deposit mountainside.

- Material-material tersebut tergambar dalam kurva distribusi ukuran butiran, pada gambar 4.37



- Legend:
- | | |
|---|--|
| ① Riverbed Deposit of K. Mujur | ⑥ Flowing Lahar Materials
(At 11:20 on Feb. 9, 1983) |
| ② Riverbed Deposit of K. Rejail | ⑦ Flowing Lahar Materials
(At 14:00 on Feb. 9, 1983) |
| ③ Riverbed Deposit of K. Gildik (Pronojiwo) | ⑧ Suspended Sediment of K. Mujur
at the Mujur Bridge
(At 17:25 on May 1, 1983) |
| ④ Deposit of K. Lengkong Fan | ⑨ Suspended Sediment of K. Le
(Pronojiwo)
(At 14:00 on Feb. 15, 1983) |
| ⑤ Erosion Sediment at the Upper Stream of
BS. Tunggang | |

Gambar 4.37 Kurva Distribusi Ukuran Butiran

Data-data :

Lebar sungai (B) = 163 m

I (Kemiringan dasar sungai) = 0.0133

$D_{50} = 24.10^{-3}$ m

$D_{90} = 49.10^{-3}$ m

n = 0,035

- Hasil perhitungan angkutan bed load tertera pada tabel 4.36

Tabel 4.36 Hasil Perhitungan Angkutan Bed Load

Bulan	Q m ³ /dk	h m	v	c	c'	
Januari	108.014	0.382	49.790	1.736	24.353	35.419 0.073 0.0520 139276.8
Februari	82.603	0.3252	42.387	1.559	23.711	34.220 0.063 0.0245 59270.4
Maret	76.032	0.3094	40.327	1.508	23.516	33.831 0.060 0.0238 63745.92
April	77.381	0.3126	40.788	1.519	23.556	33.912 0.061 0.0241 62467.2
Mei	97.604	0.35905	46.799	1.666	25.104	34.995 0.069 0.0451 120795.6
Juni	70.82	0.2966	38.646	1.466	23.350	33.498 0.058 0.0185 0
Juli	43.646	0.2218	26.909	1.209	22.252	31.229 0.045 0.0000 0
Agustus	38.115	0.2042	26.615	1.144	21.948	30.583 0.042 0.0000 0
September	36.275	0.1983	25.846	1.122	21.842	30.354 0.041 0.0000 0
Oktober	102.522	0.3702	58.252	1.700	24.227	35.234 0.071 0.0485 129902.4
November	97.546	0.3595	46.657	1.667	24.109	35.004 0.069 0.0452 117158.4
Desember	90.137	0.34265	44.661	1.615	23.918	34.629 0.066 0.0258 86031.36

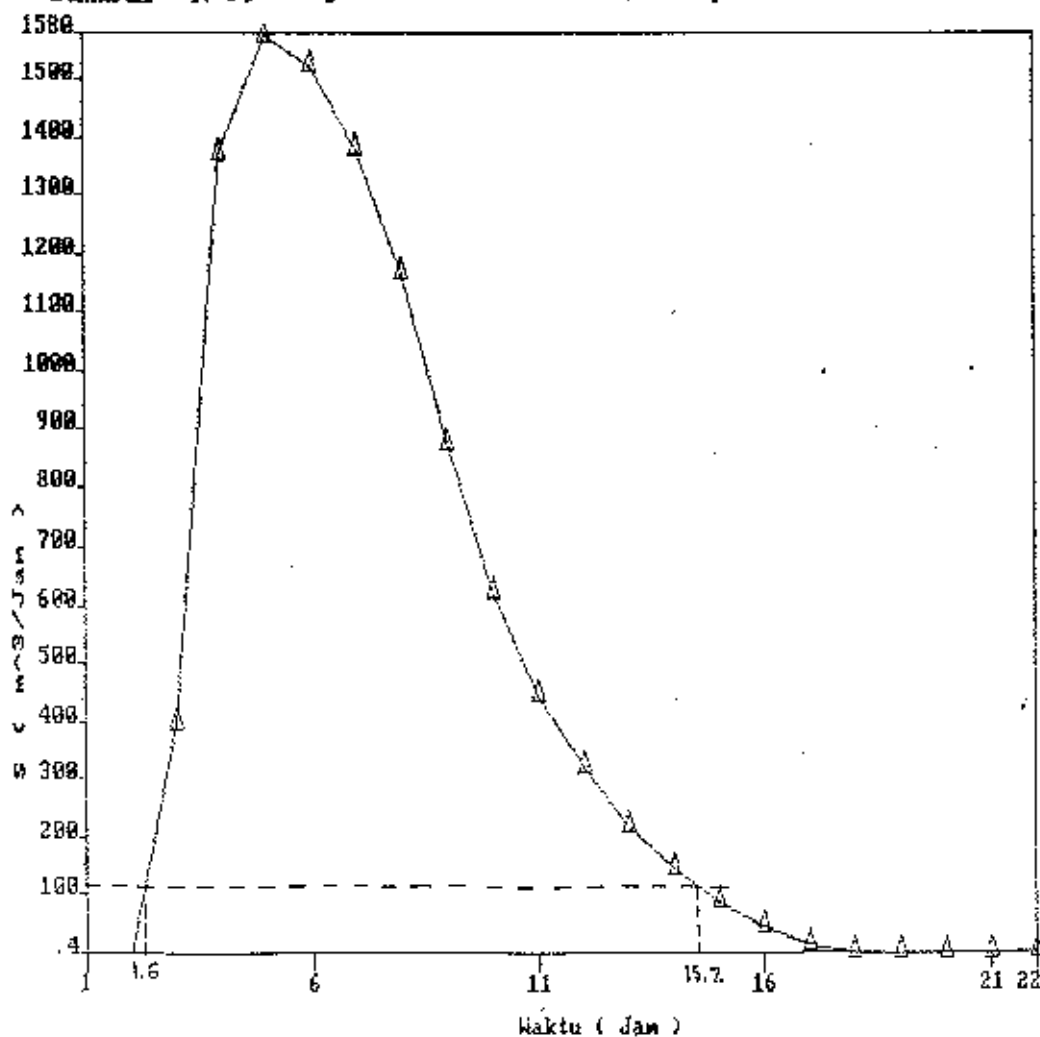
Total = 760648.3 m³/tahun

• Jumlah tersebut merupakan angkutan bad load yang terjadi setiap tahun, namun pada saat debit banjir terjadi jumlah angkutan tersebut akan menjadi lebih besar. Sehingga dalam analisa ini diperhitungkan juga akibat debit banjir Q_{100} , Q_{50} , Q_{25} , Q_{20} , Q_{10} , Q_5 , Q_{2th} (lihat hasil pada sub bab 4.4.3.3), dengan rumus yang sama didapatkan harga sebagai berikut :

Tabel 4. 39 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir 2 tahun (Q2)

	Q (m ³ /dk)	b (m)	τ_0	V	C	C'	α	ψ	ϕ	S
1	7.97	0.08	10.427	0.613	18.766	23.257	0.726	0.020	ERR	ERR
2	44.16	0.223	29.066	1.213	22.272	31.271	0.601	0.045	ERR	ERR
3	123.78	0.4146	54.039	1.833	24.586	36.119	0.565	0.079	0.045	0.001
4	259.9	0.647	84.330	2.466	25.579	39.598	0.550	0.119	0.158	0.002
5	287.65	0.688	89.674	2.569	26.852	40.078	0.548	0.127	0.180	0.003
6	279.84	0.677	88.240	2.541	26.780	39.952	0.549	0.125	0.174	0.003
7	260.81	0.6485	84.525	2.469	26.589	39.616	0.550	0.120	0.157	0.002
8	232.08	0.605	78.856	2.358	26.285	39.073	0.552	0.112	0.133	0.002
9	191.98	0.54	70.384	2.186	25.793	36.185	0.555	0.101	0.100	0.001
10	156.63	0.478	62.303	2.015	25.277	37.231	0.559	0.090	0.071	0.001
11	131.74	0.4303	56.085	1.879	24.839	36.410	0.563	0.081	0.051	0.001
12	112.16	0.3907	50.924	1.762	24.444	35.655	0.568	0.074	0.036	0.001
13	96.35	0.3566	46.479	1.658	24.077	34.941	0.572	0.069	0.025	0.000
14	83.46	0.3271	42.634	1.565	23.734	34.266	0.576	0.063	0.017	0.000
15	72.64	0.3015	39.298	1.483	23.415	33.629	0.581	0.059	0.010	0.000
16	63.61	0.2779	36.221	1.404	23.100	32.992	0.586	0.055	0.005	0.000
17	55.54	0.2562	33.393	1.330	22.791	32.356	0.591	0.051	0.002	0.000
18	48.48	0.2361	30.773	1.260	22.484	31.717	0.597	0.047	0.000	0.000
19	42.39	0.2179	28.401	1.194	22.186	31.090	0.603	0.044	ERR	ERR
20	37.67	0.2029	26.446	1.139	21.925	30.533	0.609	0.041	ERR	ERR
21	33.65	0.1897	24.725	1.089	21.682	30.007	0.614	0.039	ERR	ERR
22	30.20	0.1778	23.174	1.043	21.450	29.501	0.620	0.037	ERR	ERR

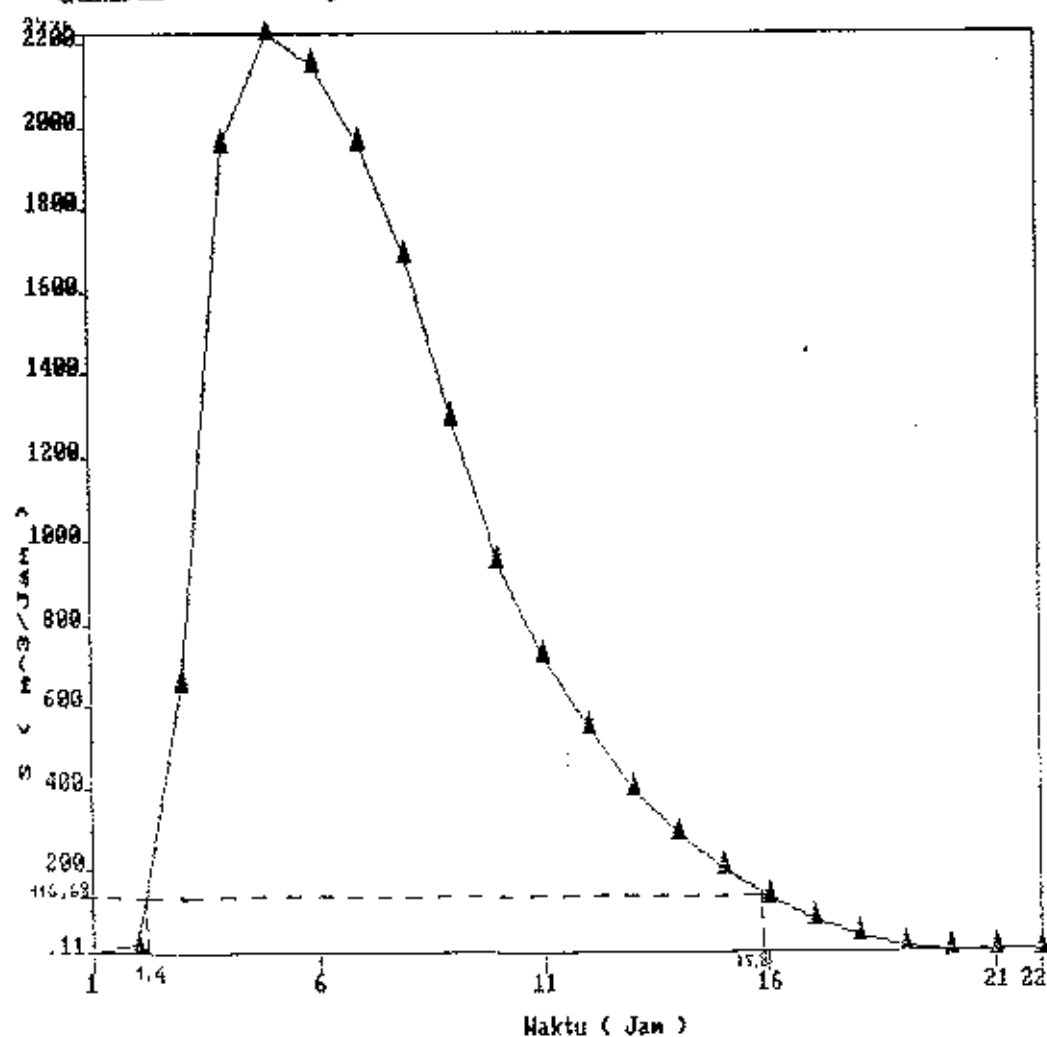
Gambar 4. 39 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir



Tabel 4. 40 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir 5 tahun (05)

$Q \text{ (m}^3/\text{dk)}$	$h \text{ (m)}$	z_0	V	C	C'	K	ψ	ϕ	S
10.33	0.0934	12.174	0.679	19.276	29.468	0.699	0.022	ERR	ERR
57.24	0.2609	34.006	1.347	22.859	32.498	0.590	0.052	0.003	0.000
160.45	0.4844	63.137	2.033	25.332	37.335	0.559	0.091	0.074	0.001
336.91	0.7566	98.615	2.736	27.279	40.621	0.546	0.139	0.223	0.003
372.91	0.804	104.793	2.849	27.555	41.296	0.546	0.147	0.254	0.004
362.78	0.791	103.099	2.819	27.481	41.169	0.545	0.145	0.245	0.004
338.1	0.758	98.798	2.740	27.267	40.836	0.546	0.139	0.223	0.003
300.87	0.707	92.150	2.616	26.973	40.291	0.548	0.130	0.192	0.003
248.88	0.631	82.245	2.425	26.469	39.402	0.551	0.117	0.147	0.002
203.05	0.558	72.730	2.234	25.934	38.441	0.554	0.104	0.108	0.002
170.79	0.503	65.561	2.085	25.491	37.630	0.558	0.094	0.082	0.001
145.41	0.4584	59.487	1.954	25.083	36.870	0.561	0.086	0.062	0.001
124.9	0.4129	53.817	1.828	24.670	36.087	0.565	0.078	0.044	0.001
108.19	0.3797	49.490	1.729	24.329	35.432	0.569	0.073	0.033	0.000
94.43	0.34905	45.495	1.635	23.991	34.774	0.573	0.067	0.023	0.000
82.46	0.3217	41.930	1.548	23.668	34.136	0.577	0.062	0.015	0.000
72	0.2966	38.659	1.467	23.351	33.501	0.582	0.058	0.009	0.000
62.85	0.2733	35.622	1.389	23.036	32.861	0.587	0.054	0.005	0.000
54.96	0.2522	32.872	1.316	22.731	32.233	0.592	0.050	0.001	0.000
48.83	0.235	30.630	1.256	22.466	31.681	0.597	0.047	0.000	0.000
43.63	0.2201	28.888	1.202	22.223	31.169	0.602	0.045	ERR	ERR
39.15	0.2063	26.889	1.152	21.986	30.663	0.607	0.042	ERR	ERR

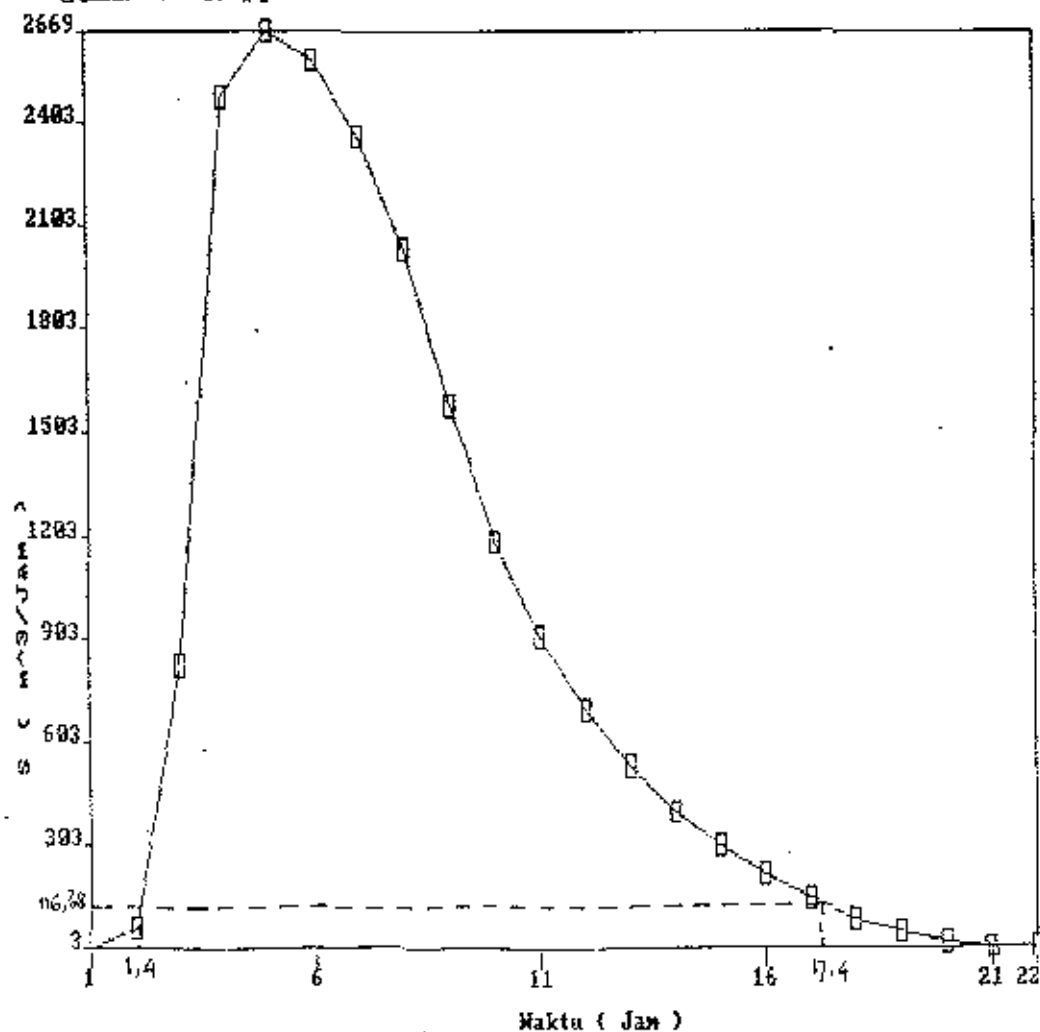
Gambar 4. 40 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir



Tabel 4. 41 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir 10 tahun (Q10)

t	Q (m ³ /det)	h (m)	τ_b	V	C	C'	ω	ψ	Φ	S
1	11.91	0.1019	13.282	0.720	19.558	25.149	0.686	0.023	ERR	ERR
2	65.98	0.2845	37.082	1.427	23.190	33.175	0.584	0.056	0.007	0.000
3	184.89	0.529	88.950	2.156	25.705	38.024	0.556	0.099	0.004	0.001
4	388.23	0.845	110.137	2.945	27.784	41.685	0.544	0.154	0.282	0.004
5	429.69	0.877	114.308	3.019	27.956	41.976	0.544	0.180	0.304	0.005
6	418.02	0.863	112.483	2.987	27.881	41.850	0.544	0.158	0.294	0.004
7	389.58	0.8272	107.817	2.904	27.686	41.519	0.545	0.151	0.289	0.004
8	346.67	0.771	100.492	2.771	27.364	40.969	0.546	0.141	0.232	0.003
9	286.77	0.688	89.674	2.569	26.852	40.078	0.546	0.127	0.180	0.003
10	233.96	0.609	79.377	2.366	26.313	39.125	0.552	0.113	0.135	0.002
11	196.8	0.549	71.557	2.210	25.864	38.314	0.555	0.102	0.109	0.002
12	167.54	0.4985	64.974	2.073	25.453	37.560	0.558	0.093	0.080	0.001
13	143.92	0.455	59.305	1.950	25.070	36.846	0.561	0.086	0.061	0.001
14	124.66	0.4173	54.391	1.841	24.713	36.170	0.565	0.079	0.046	0.001
15	108.6	0.3846	50.129	1.744	24.381	35.532	0.568	0.073	0.034	0.001
16	95.02	0.3546	46.219	1.652	24.054	34.897	0.572	0.068	0.025	0.000
17	82.96	0.3268	42.595	1.564	23.730	34.259	0.576	0.063	0.017	0.000
18	72.42	0.3012	39.258	1.482	23.411	33.621	0.581	0.059	0.010	0.000
19	63.33	0.2779	36.221	1.404	23.100	32.992	0.586	0.055	0.005	0.000
20	56.27	0.2588	33.732	1.339	22.829	32.435	0.590	0.051	0.002	0.000
21	50.27	0.2419	31.529	1.280	22.574	31.907	0.595	0.048	0.000	0.000
22	45.12	0.2267	29.548	1.228	22.332	31.400	0.600	0.046	ERR	ERR

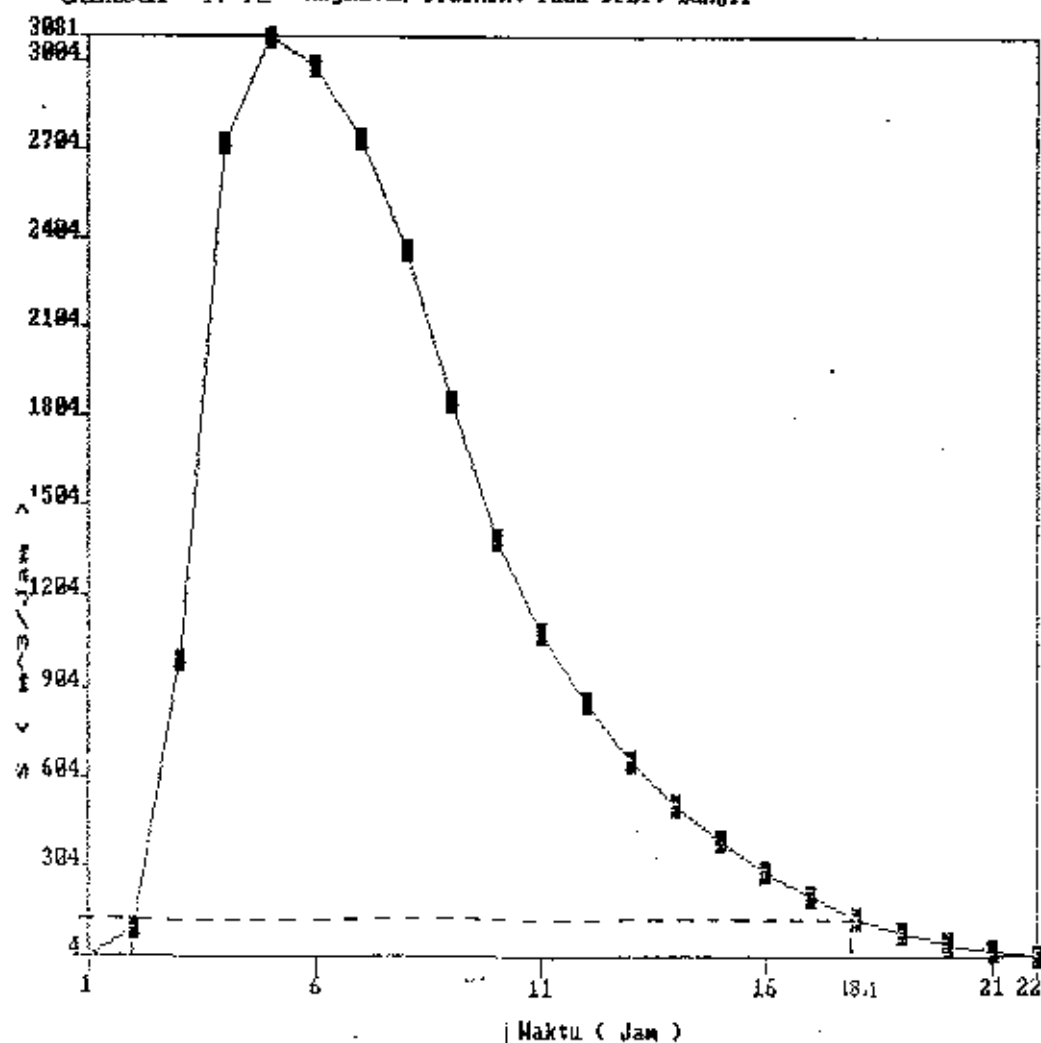
Gambar 4. 41 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir



Tabel 4. 42 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir 20 tahun (Q20)

t	Q (m ³ /det)	h (m)	L ₀	V	C	C'	K	ψ	φ	S
1	13.38	0.1093	14.246	0.754	19.785	25.697	0.676	0.025	ERR	ERR
2	74.14	0.3054	39.806	1.495	23.465	33.729	0.580	0.060	0.011	98.29
3	207.8	0.5671	73.916	2.258	26.004	38.568	0.554	0.105	0.113	991.78
4	436.34	0.8853	115.390	3.038	27.999	42.049	0.543	0.162	0.310	2721.42
5	482.94	0.941	122.650	3.164	28.284	42.526	0.542	0.171	0.351	3080.54
6	489.8	0.9255	120.630	3.129	28.207	42.397	0.543	0.169	0.340	2979.07
7	437.83	0.8872	115.838	3.043	28.009	42.066	0.543	0.162	0.312	2733.42
8	389.6	0.8271	107.804	2.904	27.885	41.518	0.545	0.151	0.269	2362.92
9	322.29	0.7381	96.204	2.692	27.167	40.628	0.547	0.136	0.211	1849.37
10	262.94	0.663	85.112	2.481	26.620	39.870	0.550	0.121	0.160	1400.13
11	221.17	0.589	76.770	2.316	26.188	38.864	0.553	0.109	0.124	1091.34
12	188.29	0.535	69.732	2.172	25.754	38.112	0.555	0.100	0.097	851.78
13	161.74	0.488	63.806	2.043	25.364	37.393	0.559	0.092	0.075	660.17
14	140.1	0.4475	58.327	1.929	25.001	36.716	0.562	0.084	0.058	508.71
15	122.28	0.4124	53.752	1.827	24.665	36.077	0.565	0.078	0.044	388.55
16	108.79	0.3802	49.555	1.730	24.334	35.442	0.569	0.073	0.033	288.26
17	93.24	0.3505	45.684	1.639	24.008	34.806	0.573	0.067	0.023	205.03
18	81.39	0.3201	41.722	1.543	23.689	34.097	0.578	0.062	0.015	130.22
19	71.17	0.298	38.841	1.471	23.370	33.538	0.582	0.058	0.010	83.38
20	63.23	0.2775	36.169	1.403	23.095	32.980	0.586	0.055	0.005	46.83
21	56.5	0.2595	33.823	1.342	22.839	32.456	0.590	0.051	0.002	20.82
22	50.7	0.2431	31.686	1.285	22.593	31.946	0.595	0.049	0.000	4.32

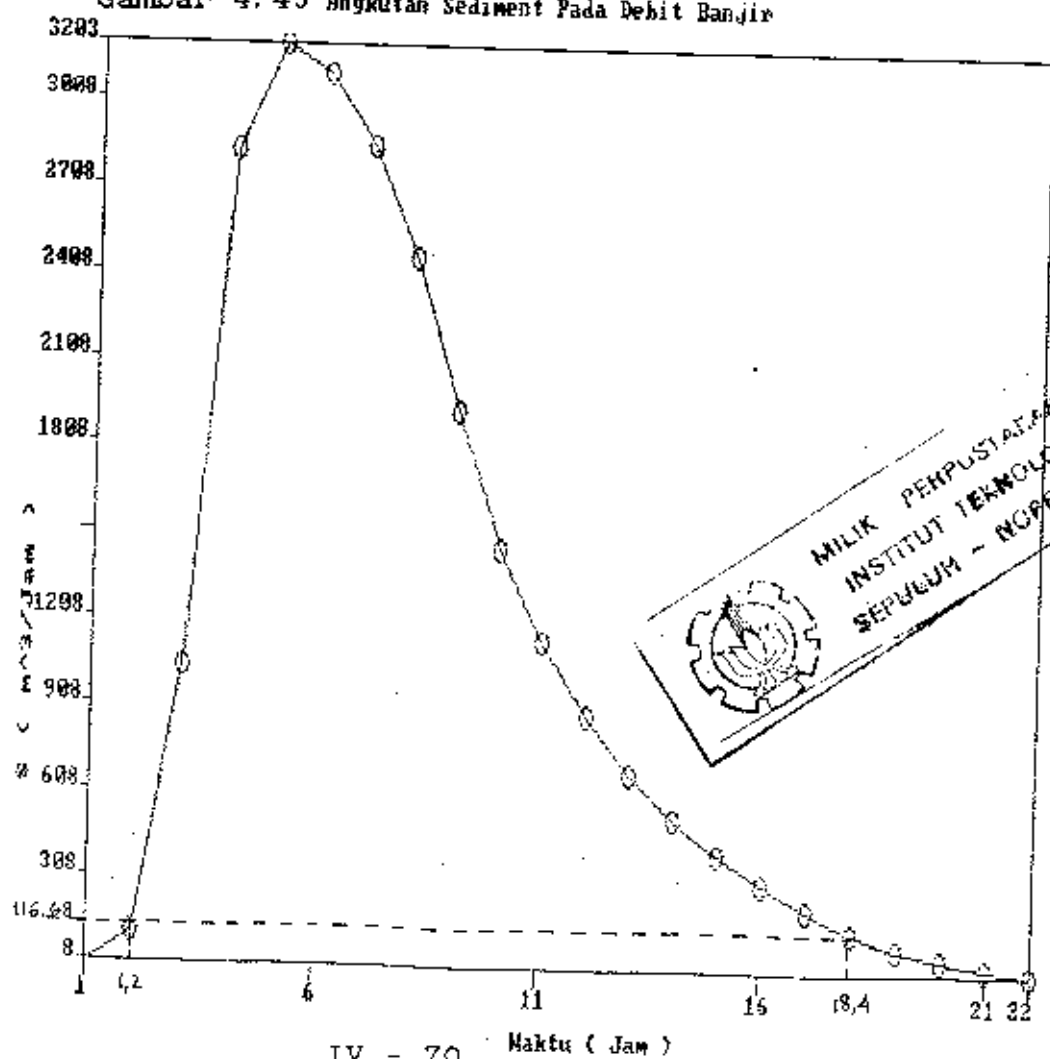
Gambar 4. 42 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir



Tabel 4. 43 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir 25 tahun (Q25)

Q (m ³ /det)	h (m)	T_0	V	C	C'	M	ψ	ϕ	S
13.87	0.1109	19.955	0.762	19.833	25.811	0.874	0.025	ERR	ERR
76.97	0.3114	40.666	1.515	23.541	33.881	0.579	0.061	0.013	ERR
215.99	0.576	75.337	2.267	26.086	38.716	0.553	0.107	0.119	0.000
453.81	0.902	117.567	3.076	28.066	42.195	0.543	0.165	0.322	0.002
503.53	0.9595	125.061	3.206	28.376	42.679	0.542	0.175	0.365	0.005
489.67	0.944	123.041	3.171	28.299	42.551	0.542	0.172	0.353	0.005
456.06	0.9046	117.906	3.082	28.109	42.216	0.543	0.165	0.324	0.005
405.67	0.843	109.877	2.941	27.773	41.667	0.544	0.154	0.280	0.004
335.56	0.753	98.146	2.728	27.257	40.784	0.546	0.136	0.220	0.003
273.77	0.666	86.806	2.514	26.707	39.824	0.549	0.123	0.167	0.002
230.25	0.6003	78.243	2.346	26.251	39.012	0.552	0.111	0.130	0.002
198.04	0.545	71.035	2.199	25.833	38.257	0.555	0.102	0.102	0.002
166.41	0.4973	64.818	2.069	25.443	37.541	0.558	0.093	0.079	0.001
145.86	0.4584	59.487	1.954	25.083	36.870	0.561	0.086	0.062	0.001
127.32	0.4205	54.808	1.850	24.744	36.230	0.564	0.080	0.047	0.001
111.19	0.3876	50.646	1.753	24.414	35.597	0.568	0.074	0.035	0.001
97.08	0.3574	46.584	1.661	24.085	34.959	0.572	0.069	0.025	0.000
84.75	0.3294	42.934	1.573	23.762	34.321	0.576	0.064	0.017	0.000
74.11	0.3039	39.610	1.491	23.446	33.691	0.581	0.059	0.011	0.000
65.84	0.283	36.686	1.422	23.170	33.134	0.585	0.056	0.006	0.000
58.83	0.2645	34.475	1.359	22.912	32.605	0.589	0.052	0.003	0.000
52.8	0.2479	32.311	1.302	22.666	32.099	0.593	0.049	0.001	0.000

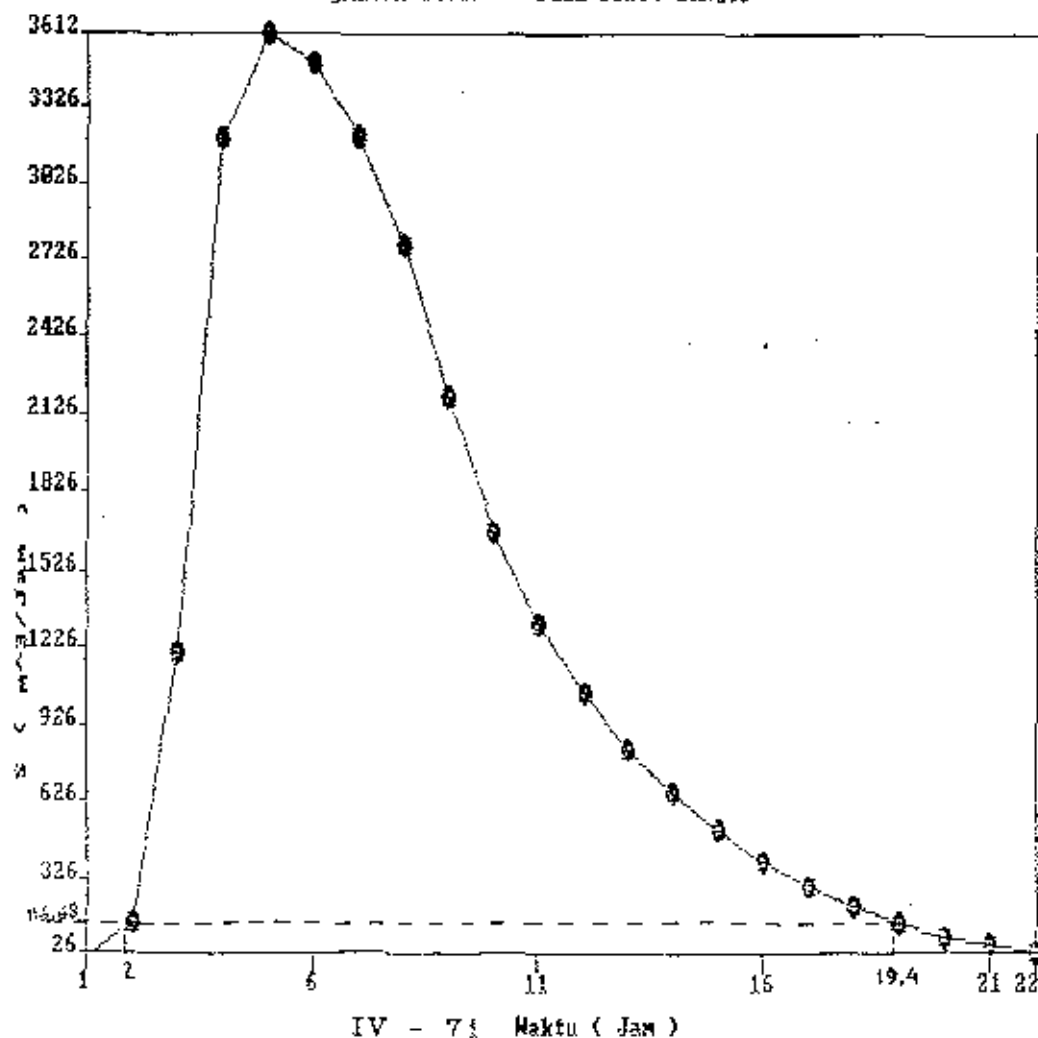
Gambar 4. 43 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir



Tabel 4. 44 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir 50 tahun (050)

	Q (m^3/dtk)	h (m)	T_0	V	C	C'	α	ψ	Φ	S
1	15.35	0.1184	15.432	0.796	20.050	26.322	0.565	0.026	ERR	ERR
2	85.04	0.3309	43.130	1.578	23.779	34.356	0.576	0.064	0.018	0.000
3	238.36	0.6144	60.061	2.382	26.352	39.194	0.551	0.114	0.138	0.002
4	500.5	0.9593	125.035	3.205	28.375	42.677	0.542	0.175	0.365	0.005
5	553.96	1.0195	132.682	3.338	28.663	43.153	0.541	0.185	0.412	0.006
6	538.89	1.0027	130.692	3.301	28.584	43.023	0.542	0.182	0.398	0.006
7	502.21	0.9613	125.296	3.210	28.385	42.693	0.542	0.175	0.365	0.005
8	446.9	0.896	116.785	3.063	28.055	42.543	0.543	0.163	0.318	0.005
9	369.69	0.7997	104.233	2.839	27.531	41.254	0.545	0.146	0.251	0.004
10	301.61	0.7077	92.242	2.617	26.978	40.299	0.548	0.130	0.192	0.003
11	253.69	0.6378	83.131	2.442	26.516	39.486	0.550	0.118	0.151	0.002
12	215.98	0.5789	75.454	2.290	26.093	38.729	0.553	0.108	0.119	0.002
13	185.53	0.5266	68.898	2.155	25.702	38.018	0.556	0.099	0.094	0.001
14	160.71	0.4869	63.463	2.040	25.354	37.376	0.559	0.091	0.075	0.001
15	140.26	0.4469	58.249	1.927	24.996	36.706	0.562	0.084	0.058	0.001
16	122.49	0.412	53.700	1.825	24.661	36.070	0.565	0.078	0.044	0.001
17	106.95	0.3797	49.490	1.729	24.329	35.432	0.569	0.073	0.033	0.000
18	93.36	0.35	45.619	1.638	24.002	34.795	0.573	0.067	0.023	0.000
19	81.64	0.3229	42.081	1.552	23.683	34.165	0.577	0.063	0.018	0.000
20	72.53	0.3008	39.206	1.480	23.406	33.611	0.581	0.059	0.010	0.000
21	64.81	0.2811	36.639	1.415	23.144	33.081	0.585	0.055	0.006	0.000
22	58.16	0.2634	34.332	1.355	22.896	32.573	0.589	0.052	0.003	0.000

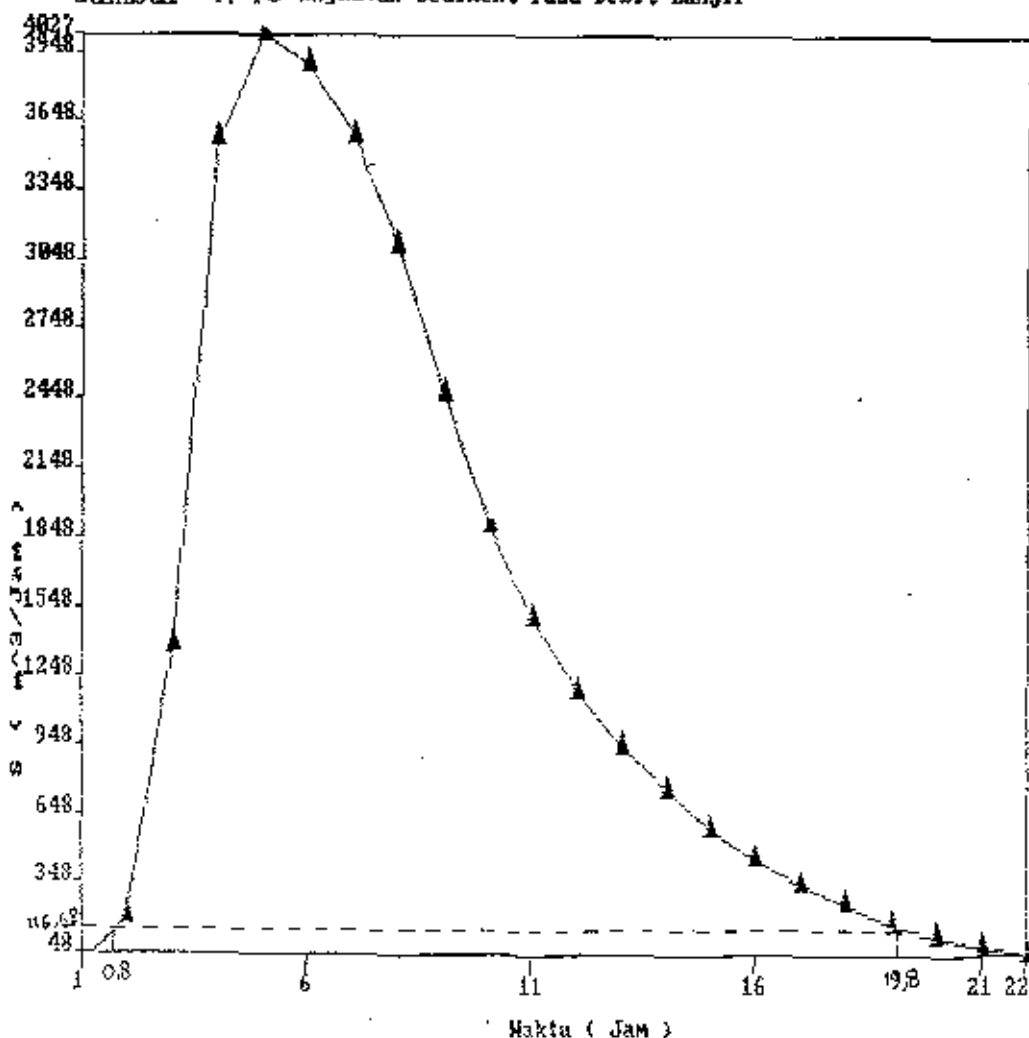
Gambar 4. 44 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir



Tabel 4.45 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir 100 tahun (Q100)

t (jam)	Q (m ³ /dk)	h (m)	T_0	V	C	C'	μ	ψ	ϕ	S
1	16.83	0.1251	16.306	0.825	20.234	26.752	0.658	0.028	ERR	ERR
2	93.22	0.3495	45.567	1.636	23.997	34.786	0.573	0.067	0.023	0.000
3	261.29	0.6892	88.617	2.471	26.594	39.625	0.550	0.120	0.157	0.002
4	540.64	1.0136	132.113	3.325	28.636	43.107	0.541	0.184	0.407	0.006
5	807.28	1.078	140.507	3.464	28.930	43.589	0.541	0.196	0.459	0.007
6	990.79	1.0597	138.121	3.425	28.848	43.455	0.541	0.193	0.444	0.007
7	950.54	1.0157	132.386	3.329	28.645	43.124	0.541	0.185	0.409	0.006
8	489.91	0.9469	123.419	3.177	28.314	42.575	0.542	0.172	0.356	0.005
9	405.26	0.845	110.137	2.945	27.768	41.685	0.544	0.154	0.282	0.004
10	330.63	0.7478	97.468	2.715	27.226	40.730	0.547	0.137	0.217	0.003
11	274.11	0.679	87.649	2.534	26.760	39.918	0.549	0.124	0.172	0.003
12	236.17	0.6118	79.742	2.375	26.334	39.161	0.551	0.113	0.137	0.002
13	203.38	0.5584	72.782	2.235	25.937	38.447	0.554	0.104	0.109	0.002
14	176.17	0.5124	66.786	2.111	25.570	37.775	0.557	0.096	0.086	0.001
15	153.16	0.4723	61.560	1.999	25.226	37.138	0.560	0.089	0.068	0.001
16	134.28	0.4353	56.737	1.894	24.887	36.500	0.563	0.082	0.053	0.001
17	117.28	0.4013	52.305	1.794	24.553	35.864	0.566	0.076	0.040	0.001
18	102.35	0.3698	48.200	1.699	24.222	35.225	0.570	0.071	0.029	0.000
19	88.49	0.3412	44.472	1.610	23.901	34.596	0.574	0.066	0.021	0.000
20	79.51	0.3178	41.422	1.536	23.621	34.041	0.578	0.062	0.014	0.000
21	71.04	0.297	38.711	1.468	23.357	33.511	0.582	0.058	0.009	0.000
22	63.76	0.2784	36.287	1.406	23.107	33.006	0.586	0.055	0.005	0.000

Gambar 4.45 Angkutan Sediment Pada Debit Banjir



Dari grafik angkutan sediment pada debit banjir Q2, Q5, Q10, Q20, Q25, Q50 dan Q100th (gambar 4.39 s/d gambar 4.45) didapatkan volume angkutan sediment seperti tertera pada tabel 4.46.

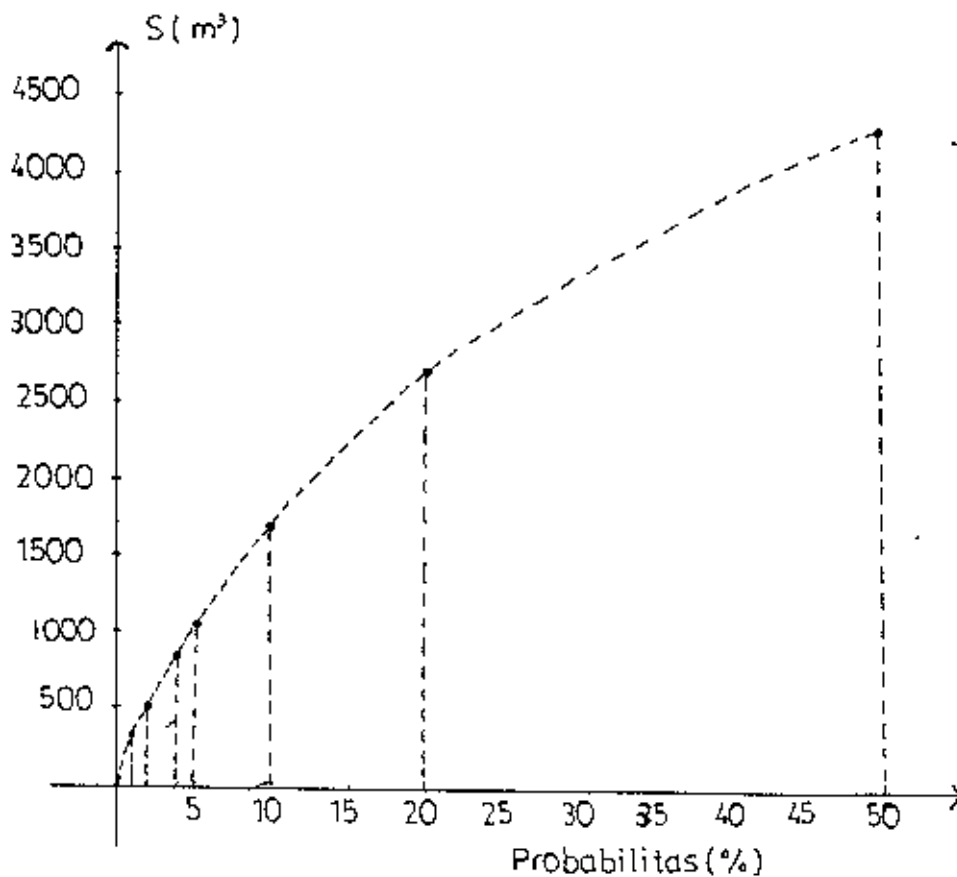
• Masing-masing debit banjir tersebut mempunyai kemungkinan akan terjadi pada setiap tahun sejumlah angkutan sediment seperti yang tertera pada tabel 4.47 dan pada gambar 4.47

Tabel 4.47

Qnth	Volume Sediment (m ³)
Q2	8610,622
Q5	13604,843
Q10	17278,62
Q20	20522,108
Q25	21555,894
Q50	25060,188
Q100	28444,745

Tabel 4.47

Qn (th)	Probabilitas (%)	Volume Sediment (m ³)
Q2	50	4305
Q5	20	2720.97
Q10	10	1727.86
Q20	5	1026.11
Q25	4	862.24
Q50	2	501.2
Q100	1	284.45



Gambar 4.47 : Kemungkinan terjadi angkutan sediment untuk masing-masing debit banjir.

- Dari grafik tersebut didapatkan volume angkutan sediment pada debit banjir sebesar = 137894.065 m^3 .

4.5.4 Total Sediment Load

Untuk mendapatkan besarnya total sediment load yang perlu dikendalikan sebagai dasar untuk menentukan jumlah serta jenis bangunan adalah :

Hasil perhitungan total sediment load dari perumusan yang dikemukakan oleh Engelund & Hansen

$$C = U / (R \cdot I)^{0.5}$$

$$f = 2g / C^2$$

$$\psi = U_*^2 / \Delta \cdot g \cdot D_{50}$$

$$= g \cdot h \cdot I / \Delta \cdot g \cdot D_{50}$$

$$\phi = 0.1 / f (\psi)^{2.3}$$

$$S = \phi [\Delta \cdot g \cdot (D_{50})^3]^{0.5}$$

- Hasil perhitungan tertera pada tabel 4.48

Tabel 4.48
 Hasil Perhitungan Total Sediment Load Cara Engelund & Hanssen

ulan	Q m ³ /dtk	h m	v	c	f	s (m ³ /dtk)	
Januari	108.014	0.382	1.736	24.355	0.033	0.0434	116186.3
Februari	82.603	0.3252	1.559	23.705	0.0349	0.0273	66031.21
Maret	76.032	0.3094	1.508	23.508	0.0355	0.0239	63967.74
April	77.381	0.3126	1.519	23.558	0.0353	0.0246	63799.29
Mei	97.604	0.35905	1.666	24.109	0.0337	0.0357	95562.53
Juni	70.82	0.2965	1.466	23.345	0.036	0.0210	54324.15
Juli	43.646	0.2218	1.209	22.26	0.0369	0.0093	24803.82
Agustus	38.115	0.2042	1.144	21.952	0.0407	0.0076	20234.69
September	36.275	0.1983	1.122	21.848	0.0411	0.0068	17668.93
Oktober	102.522	0.3702	1.699	24.213	0.0334	0.0395	105742.5
November	97.646	0.3595	1.667	24.108	0.0337	0.0368	95383.1
Desember	90.137	0.34265	1.615	23.923	0.0342	0.0330	85570.89

Total = 809230. m³/tahun

4.4.3.2.2 Methoda Log Phearson Type III

$$\text{Rumus : } \log X_T = \log X + K \cdot s \log X$$

Dimana :

K = Faktor frekwensi yang besarnya tergantung dari Shewness Coefisien (Cs) untuk nilai exceeden probability tertentu, tabel 4.6

$$Cs = N \cdot \frac{\sum (\log X - \log X_1)^3}{(N-1)(N-2)(s \log X)^3}$$

Dimana :

N = Banyaknya data.

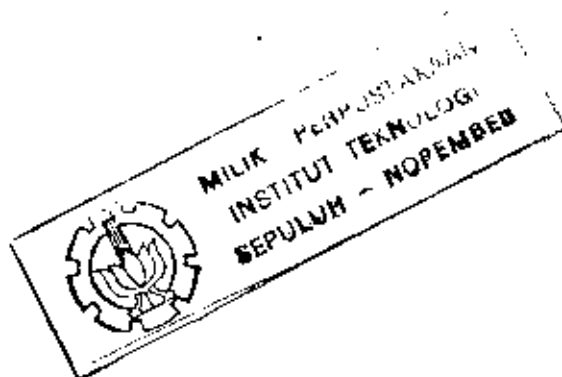
X_1 = Besarnya curah hujan maksimum.

s log X = Standard deviasi dari harga log X_1 .

log X = Rata-rata dari logaritma log X_1 .

$$s \log X = \frac{\sum (\log X_1 - \log X)^2}{N-1}$$

- Hasilnya seperti tertera pada tabel 4.5 dan tabel 4.7



B A B - V

Sistim Pengendalian Dengan Analisa Programig

5.1 Macam Bangunan Pengendali Dan Fungsinya

Pembuatan fasilitas bangunan pengendali sediment merupakan suatu langkah / tindakan yang tepat untuk mencegah meluasnya bencana yang timbul akibat meterial yang dihasilkan dari letusan gunung berapi.

Perencanaan yang tepat dan baik akan memberikan hasil yang maksimal sesuai dengan tujuan dari pengendalian tersebut.

Adapun macam bangunan pengendali diantaranya adalah :

- Check Dam / Sabo Dam
- Sand Pocked
- Konsolidasi Dam
- Tanggul, dll.

Agar material yang turun kehilir sesuai dengan jumlah sediment yang diijinkan diperlukan pengaturan pada bagian hulu. Untuk maksud tersebut fasilitas bangunan yang diperlukan sesuai dengan fungsinya, antara lain sebagai berikut :

• Bendung Pengendalian Aliran (Check Dam)

adalah bangunan yang dibuat melintang alur sungai yang berfungsi mengendalikan sediment dengan jalan menangkap sediment, meratakan sediment dan mengkonsentrasi sediment.

Dengan adanya bangunan tersebut kemiringan permukaan

pengaliran menjadi lebih kecil sehingga kecepatan pengaliran menjadi berkurang.

- **Kantong Lahar / Pasir**

Adalah suatu tempat disekitar alur sungai yang direncanakan untuk dapat menampung lahar atau material hasil letusan gunung berapi.

Melintang alur sungai dibuat bendung dan di kedua ujung bendung ini diteruskan dengan tanggul sedemikian rupa letaknya sehingga membentuk suatu kantong.

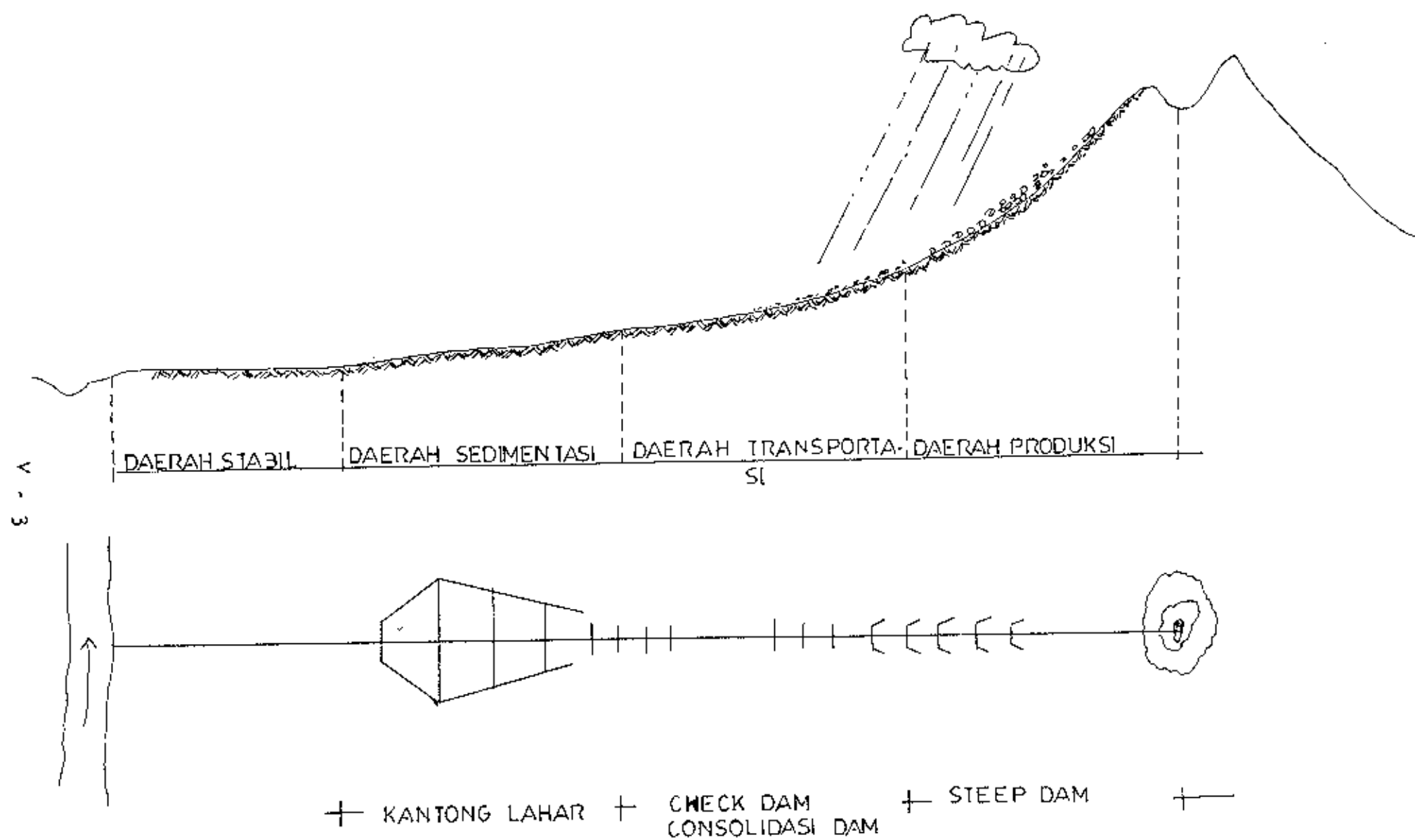
- **Konsolidasi Dam**

berfungsi untuk mengamankan bangunan dibagian hulu serta memelihara stabilitas alur sungai.

- **Tanggul**

Dibangun pada daerah-daerah dengan tebing relatif pendek / dangkal untuk menjaga kemungkinan terjadinya overslag.

- Adapun penempatan bangunan-bangunan pengendali tersebut dalam suatu penampang memanjang sungai digambarkan sbb:



Gambar 5.1
 SKETSA PENEMPATAN BANGUNAN
 PENGENDALI SEDIMEN

5.2 Sistim Pengendalian Yang Disarankan.

Daerah aliran sungai Rejali terbentuk dari beberapa anak sungai, diantaranya K. Besuk Koboan dan K. Curah Lengkong dimana keduanya berhulu pada lereng gunung Semeru. Dari kedua sungai tersebut material gunung yang berada dibagian hulu sungai akan meluncur kebawah dengan adanya hujan yang jatuh didaerah tersebut, material yang berupa pasir dan batu ini akan menimbulkan bencana apabila tidak diadakan penanggulangan. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka apabila dibagian hulu diadakan penanggulangan maka bagian hilir sungai akan menjadi aman.

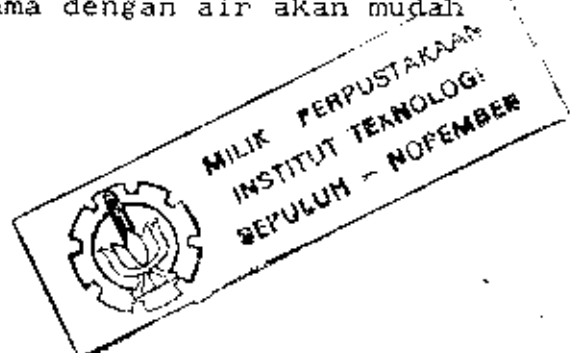
Sepanjang K. Rejali terbagi dalam tiga daerah, daerah produksi, daerah transportasi dan daerah deposit / sedimentasi (Lihat BAB III).

Dari Ketiga daerah tersebut yang mendapat perhatian adalah daerah transportasi dan daerah sedimentasi yang mana keduanya merupakan daerah rawan bencana.

• Daerah Transportasi, K. Besuk Koboan merupakan jalur transportasi aliran lahar yang membawa material dari K. Curah lengkong dan K. Besuk Koboan hulu. Untuk tidak memperberat kondisi daerah ini diperlukan juga penanggulangan pada K. Curah Lengkong.

• Daerah Deposit / Sedimentasi

Pada daerah ini sepanjang K. Leprak - K. Regoyo bahan-bahan vulkanis yang mengalir bersama dengan air akan mudah



mengendap, yang menyebabkan tebing-tebing sungai lama kelamaan semakin rendah. Selanjutnya arah aliran mudah berpindah dengan naiknya dasar sungai.

Sarana yang diperlukan untuk daerah ini adalah menyediakan tempat-tempat penimbunan dan pengendapan material, yang bertujuan untuk membatasi penyebaran material.

5.3 Sistim Pengendalian Dengan Analisa programic

5.3.1 Dasar-Dasar Perencanaan pengendalian

Suatu bangunan pengendali direncanakan dengan maksud untuk mengetahui Kapasitas / daya tampung bangunan tersebut dalam mengendalikan sejumlah sediment.

Berdasarkan pengalaman-pengalaman baik dari Proyek Semeru maupun dari proyek-proyek lainnya yang menangani masalah sediment khususnya sediment hasil dari letusan gunung, yang kemudian didapatkan data spesifikasi dari bangunan pengendalian sebagai berikut (tabel 5.3.1)

Tabel 5.2

Kategori	Subkategori		Sub Item (Rp.000)									
	Kategori	Subkategori	Detail Item (Rp.000)									
Gedung	Gedung	Gedung	Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
Kantong	Kantong	Kantong	Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
Lantai	Lantai	Lantai	Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
Gedung (Gedung)	Gedung (Gedung)	Gedung (Gedung)	Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
Tangga	Tangga	Tangga	Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									
			Detail Item (Rp.000)									

Sumber : Proyek G. Samsi, G. Kelpi dan G. Herapi

5.3.2 Perhitungan Dengan Linier Programing

Untuk suatu harga minimize $D = aX + bY + cZ + rS$, dimana

X, Y, Z, S = Jenis bangunan.

X = Check Dam.

Y = Kantong Lahar.

Z = Consolidasi Dam.

S = Tanggul.

a, b, c, r = cost

• Konversi harga satuan volume

Check Dam :

Concrete A = 2,6208 Matrass E

Concrete B = 2,772 Matrass E

Masonry A = 2,181 Matrass E

Kantong Lahar, consolidasi Dam dan Tanggul :

Concrete B = 2,57 Matrass E

Masonry A = 2,18 Matrass E

Masonry B = 1,85 Matrass E

Matrass A = 1,407 Matrass E

Matrass B = 4,061 Matrass E

Matrass C = 1,251 Matrass E

Matrass D = 3,302 Matrass E

Matrass F = 2,532 Matrass E

5.3.2.1 Hubungan Antara Tinggi Bangunan Dengan Cost

5.3.2.1.1 Check Dam

$$h = 4,5 \quad \text{--->} \quad 1,613 \cdot 2,6208 \quad + \quad 52,645 \cdot 1,85 \\ = 101,621$$

$$h = 5,0 \quad \text{--->} \quad 2,614 \cdot 2,6208 \quad + \quad 59,864 \cdot 1,85 \\ = 117,599$$

$$h = 5,0 \quad \text{--->} \quad 35,616 \cdot 1 = 35,616$$

$$h = 6,0 \quad \text{--->} \quad 2,573 \cdot 2,6208 \quad + \quad 59,431 \cdot 1,85 \\ = 116,691$$

$$h = 6,0 \quad \text{--->} \quad 43,350 \cdot 1 = 43,350$$

$$h = 6,5 \quad \text{--->} \quad 4,573 \cdot 2,6208 \quad + \quad 63,886 \cdot 1,85 \\ = 130,175$$

$$h = 6,5 \quad \text{--->} \quad 76,063 \cdot 2,6208 \quad + \quad 77,556 \cdot 1,85 \\ = 342,824$$

$$h = 9,0 \quad \text{--->} \quad 3,136 \cdot 2,6208 \quad + \quad 104,671 \cdot 1,85 \\ = 201,860$$

$$h = 5,25 \quad \text{--->} \quad 1,604 \cdot 2,6208 \quad + \quad 47,550 \cdot 1,85 \\ = 92,171$$

$$h = 7,5 \quad \text{--->} \quad 4,101 \cdot 2,6208 \quad + \quad 69,092 \cdot 1,85 \\ = 138,568$$

$$h = 10,78 \quad \text{-->} \quad 8,876 \cdot 2,6208 \quad + \quad 122,03 \cdot 1,85 \\ = 225,756$$

$$h = 13 \quad \text{--->} \quad 13,806 \cdot 2,6208 \quad + \quad 6,759 \cdot 2,772 \quad + \\ 9,283 \cdot 2,181 \quad + \quad 164,304 \cdot 1,85 \quad = \\ 379,127$$

$$\begin{aligned}
 n = 14 \quad \text{--->} \quad & 13,740 \cdot 2,6208 + 5,705 \cdot 2,772 + \\
 & 10,384 \cdot 2,181 + 162,322 \cdot 1,85 = \\
 & 374,767
 \end{aligned}$$

- Dengan cara yang sama, demikian juga untuk bangunan-bangunan lainnya.
- Dengan menggunakan Korelasi untuk suatu harga r , koefisien korelasi (r) berharga $0 \leq r \leq 1$ dinyatakan dalam persamaan :

$$r = \frac{n \cdot \sum xy - (\sum x) \cdot (\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

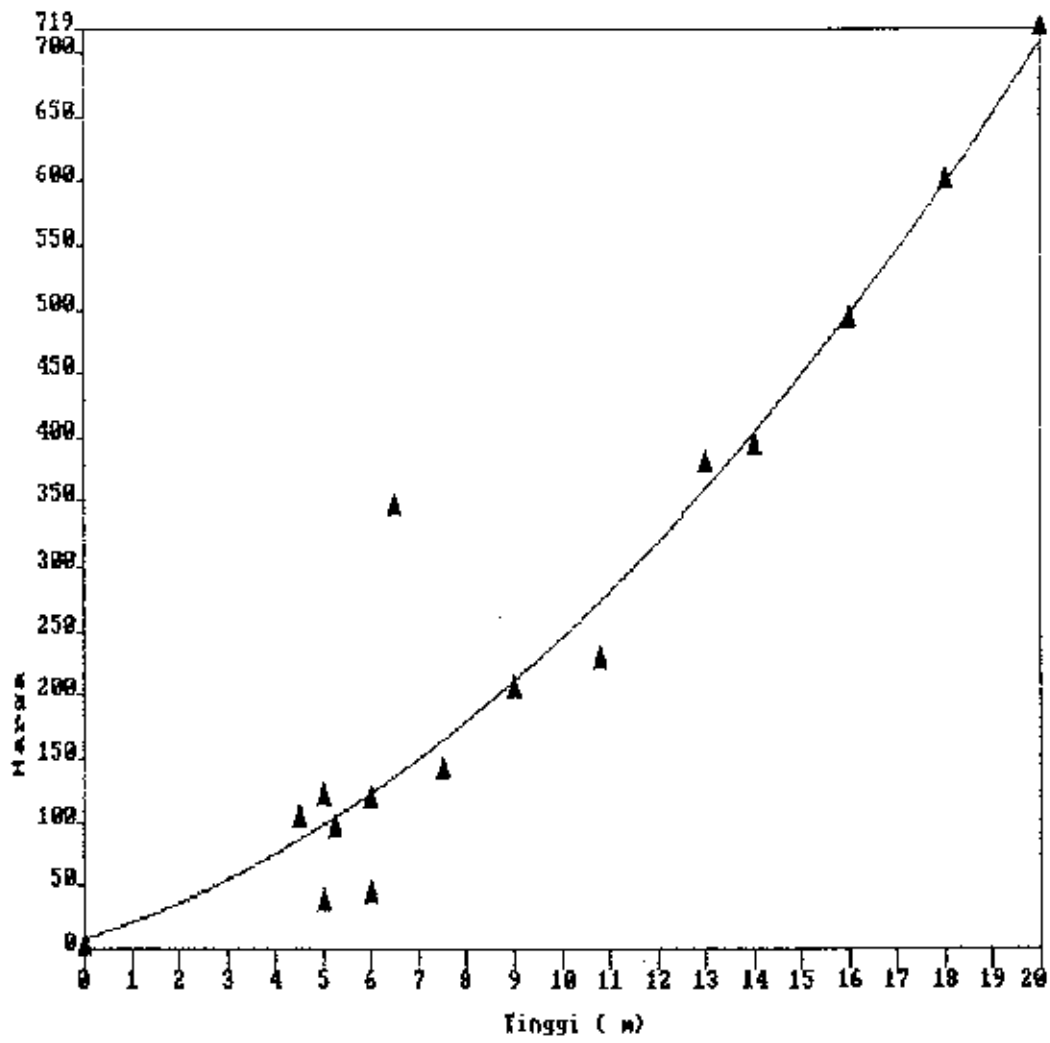
dengan menggunakan persamaan tersebut didapat didapat harga $r = 0,862$, yang berarti bahwa hubungan tersebut adalah linier. Namun hal ini perlu dilakukan pengujian linierisasi dengan analisa varians sebagai berikut :

Sumber Variasi	dk	JK	RJK	F
Jumlah	13	589991,58	-	-
Regresi(a)	1	415173,71	415173,71	23,68
Regresi(b a)	1	1196367,06	119367,06	
Residu	11	55450,81	5040,98	
Tuna cocok	6	26777,57	4462,93	1,09
Kekeliruan	7	28673,24	4096,18	

untuk $\alpha = 0,05$ dari daftar distribusi F didapat

$F_{0,95} (6,7) = 3,87 > 23,68 \text{ --->}$ yang berarti bahwa model

Gambar 5.3



5.3.2.1.2 Kantong Lahar

$$h = 2 \quad \text{---> } 34,138$$

$$h = 3,0 \quad \text{---> } 18,415$$

$$h = 3,5 \quad \text{---> } 15,062$$

$$h = 4,0 \quad \text{---> } 16,021$$

Dengan analisa korelasi didapatkan harga koefisien Korelasi (r) = - 0,919.

Dengan analisa non linier bentuk persamaan yang sesuai

untuk hubungan tersebut adalah $y = a x^b$

Harga a dan b didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\log a = \frac{\sum \log y}{n} - b \frac{\sum \log x}{n}$$

$$b = \frac{n (\sum \log x \log y) - (\sum \log x) (\sum \log y)}{n (\sum \log^2 x) - (\sum \log x)^2}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan harga-harga :

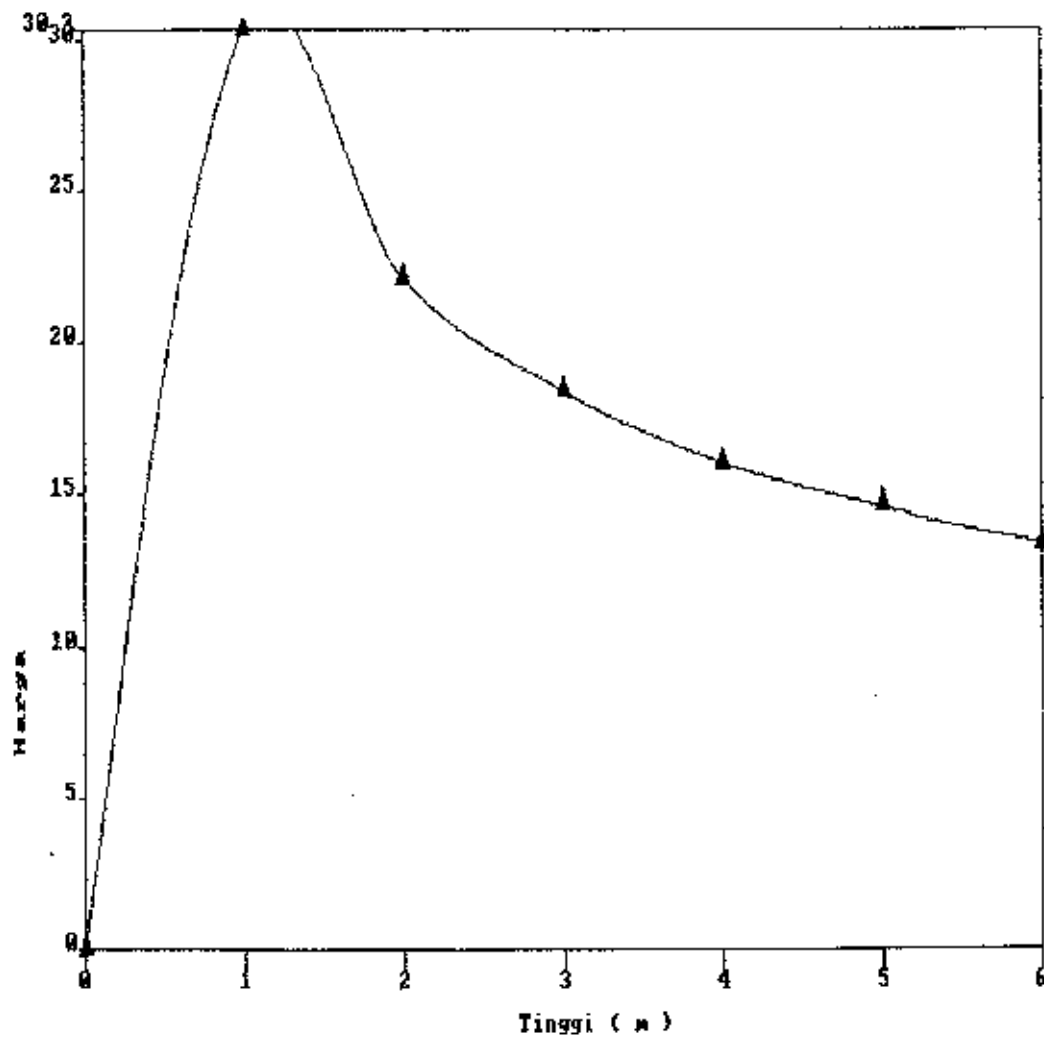
$$a = 30,357$$

$$b = -0,455$$

Sehingga bentuk persamaannya $y = 30,357 x^{-0,455}$

- Hubungan antar h (tinggi) dengan cost terlihat pada gambar 5.4

Gambar 5.4



5.3.2.1.3 Consolidasi Dam

$$t = 3 \quad \text{--->} 66,825$$

$$t = 3,5 \quad \text{--->} 64,655$$

$$t = 4 \quad \text{--->} 63,120$$

$$t = 5 \quad \text{--->} 62,306$$

• Dengan analisa Korelasi didapatkan harga korelasi (r)
= - 0,929, yang berarti mempunyai bentuk persamaan non linier.

Dengan analisa non linier bentuk persamaan yang sesuai untuk hubungan tersebut adalah $y = a + bx + cx^2$, harga a, b dan c didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Sigma y = na + b \Sigma x + c \Sigma x^2$$

$$\Sigma xy = a \Sigma x + b \Sigma x^2 + c \Sigma x^3$$

$$\Sigma x^2 y = a \Sigma x^2 + b \Sigma x^3 + c \Sigma x^4$$

Dari hasil perhitungan didapatkan harga-harga :

$$a = 0,231$$

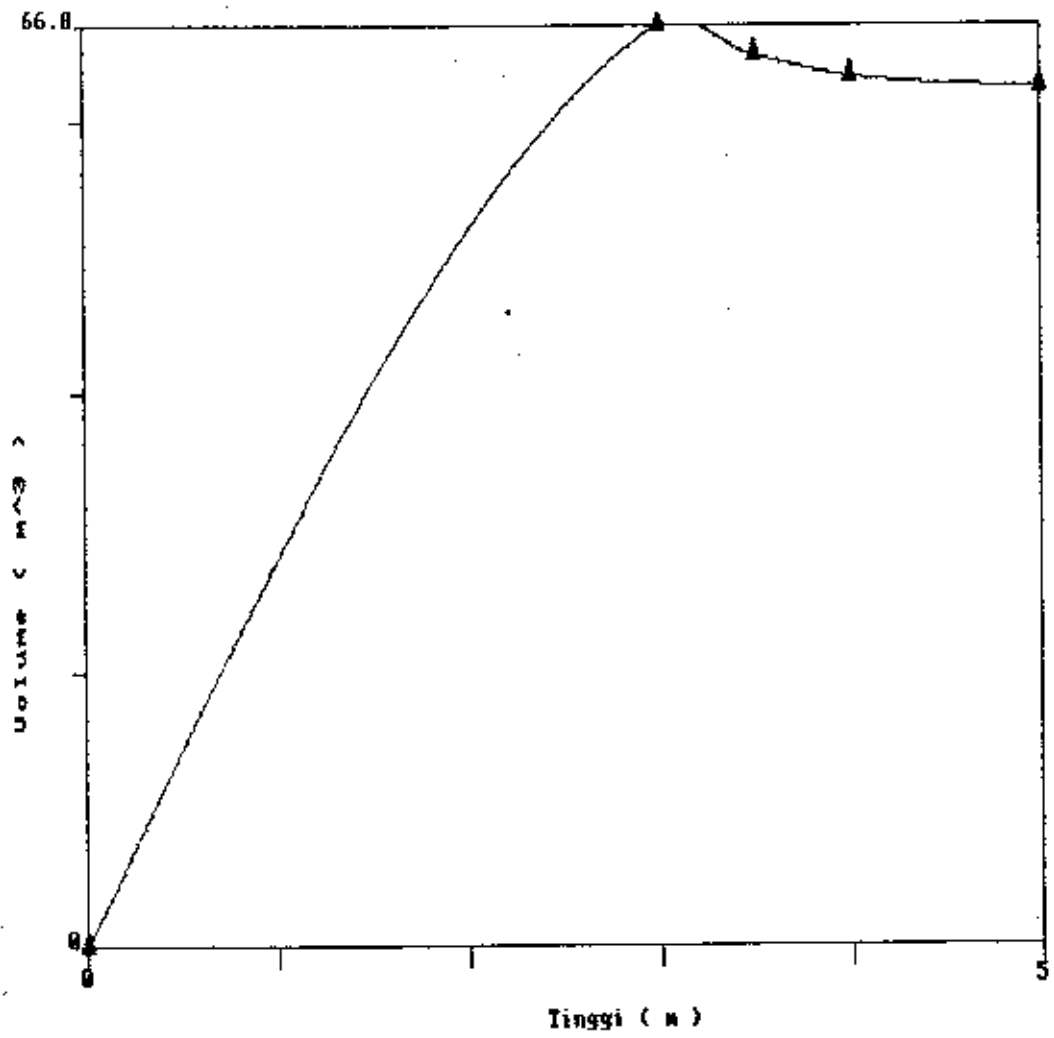
$$b = 9,109$$

$$c = 1,342$$

Sehingga bentuk persamaannya $y = 0,231 + 9,109x + 1,342x^2$

• Hubungan antar h (tinggi) dengan cost terlihat pada gambar 5.

Gambar 5.5



5.3.2.1.4 Tanggul

$$h = 2 \rightarrow 5,365$$

$$h = 3,0 \rightarrow 38,676$$

$$h = 3,5 \rightarrow 63,120$$

$$h = 4,0 \rightarrow 22,473$$

Mempunyai harga koefisien Korelasi (r) = 0,516, yang berarti bahwa hubungan tersebut adalah linier. Namun perlu diadakan pengujian linierisasi terhadap hubungan tersebut dengan analisa varians sebagai berikut :

Sumber Variasi	dk	JK	RJK	F
Jumlah	5	4101,54	-	-
Regresi(a)	1	2510,14	2510,14	0,228
Regresi(b a)	1	919,47	919,47	
Residu	3	12048,6	4016,203	
Tuna cocok	3	12048,6	4016,2	0
Kekeliruan	0	0	0	

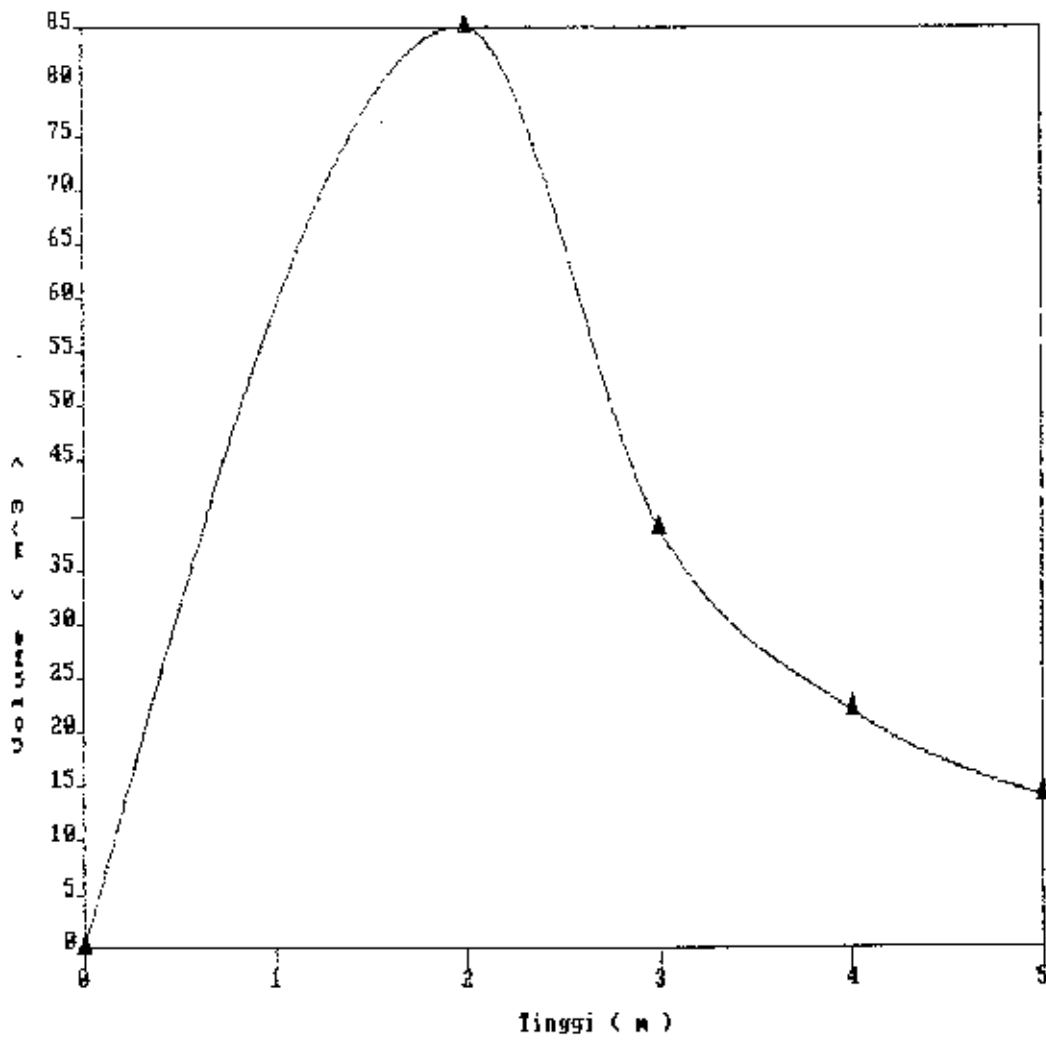
untuk $\alpha = 0,05$ dari daftar distribusi F didapat $F_{0,05} (3, 0) =$ tidak ada. Dengan demikian bentuk persamaan yang sesuai untuk hubungan h (tinggi) dengan

harga mempunyai bentuk persamaan $y = a x^{-b}$.

Dari hasil perhitungan didapat $y = 329,479 x^{-1,95}$

• Hubungan antara h (tinggi) dengan cost terlihat pada gambar 5.6

Gambar 5.6



5.3.2.2 Hubungan Antara Tinggi Bangunan Dengan volume Tampungan

Estimasi Volume Tampungan

$$V = \frac{0.5 h^2 B}{I_s - I_r}$$

Dimana :

h = Tinggi bangunan (m)

B = Lebar Sungai (m)

I_s = Kemiringan dasar sungai asli

I_r = Kemiringan dasar sungai rencana = $3/4 I_s$.

• Pada Sub Bab 5.2 (Sistim Pengendalian Yang Disarankan) daerah Transportasi dan daerah Sedimentasi merupakan daerah yang ditetapkan sebagai daerah penanggulangan . Pada daerah aliran sungai Besuk Koboan dan Curah Lengkong untuk menampung dan menghambat lajunya sediment diperlukan bangunan check dam, sisa material yang masih turun dihilir ditampung pada pertemuan K. Besuk Koboan dan K. Curah Lengkong.

Pada daerah sedimentasi, tepatnya pada daerah aliran sungai leprak yang mana sering terjadi over slag, maka pada daerah tersebut diperlukan tempat-tempat penimbunan dengan membuat bangunan kantong lahar.

3.2.2.1. Check Dam Pada K. Besuk Koboan

Dengan memperhatikan topografi daerah aliran sungai Besuk

Koboan maka bangunan yang memungkinkan dibuat pada daerah tersebut adalah 4 check dam dengan 3 konsolidasi dam, dimana masing-masing bangunan mempunyai karakteristik alur yang berbeda.

Check Dam 1 (x11), pada elevasi + 930.00

$$B = 55 \text{ m.}$$

$$I_s = 0.084$$

$$I_r = 0.063$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 5238.10 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 20952.38 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 47142.86 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 83809.52 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \text{ ---> } V = 130952.38 \text{ m}^3$$

$$h = 12 \text{ m} \text{ ---> } V = 188571.43 \text{ m}^3$$

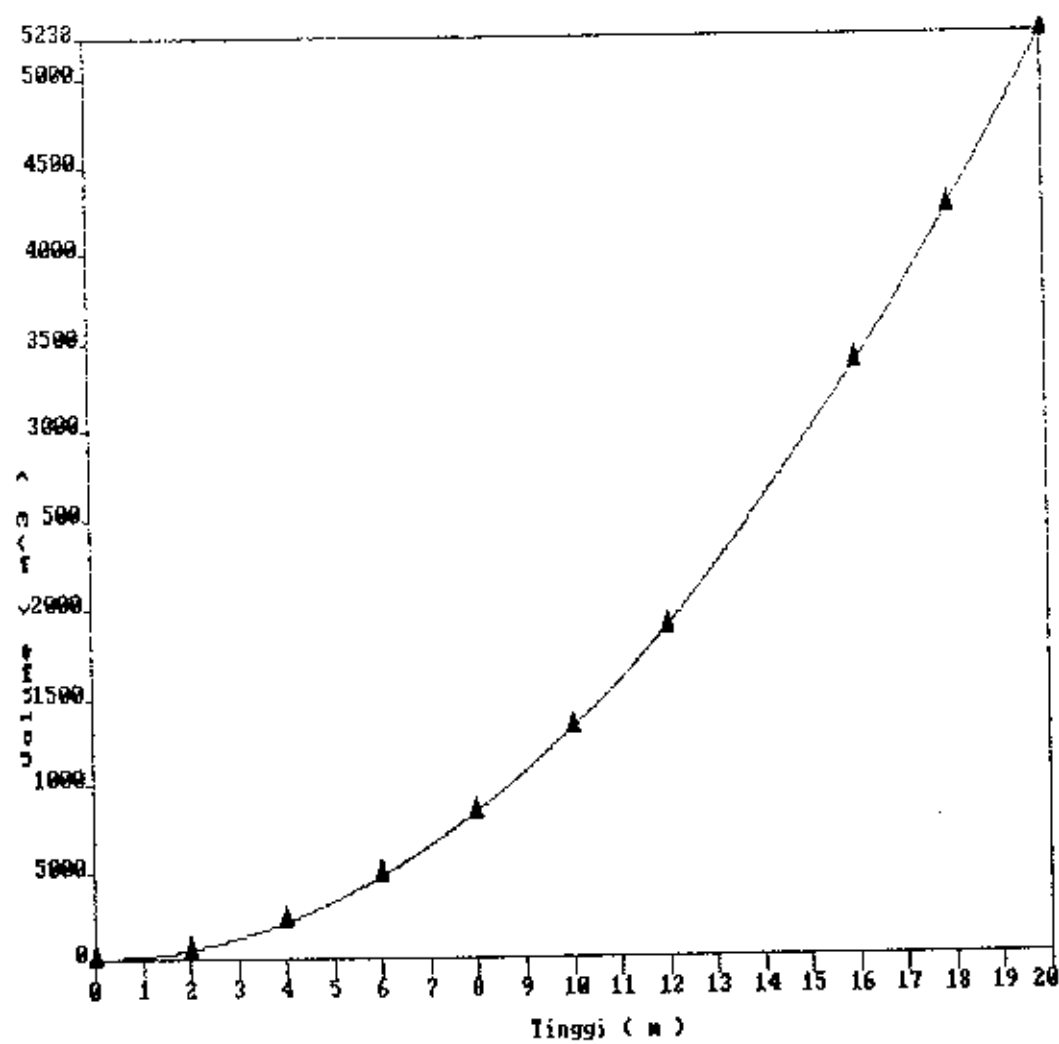
$$h = 16 \text{ m} \text{ ---> } V = 335238.10 \text{ m}^3$$

$$h = 18 \text{ m} \text{ ---> } V = 424285.71 \text{ m}^3$$

$$h = 20 \text{ m} \text{ ---> } V = 523809.52 \text{ m}^3$$

• Hubungan antara h (tinggi) dengan Kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.7

Gambar 5.7



Check Dam 2 (x12), elevasi 820.00

$$B = 60 \text{ m}$$

$$Is = 0.067$$

$$Ir = 0.05$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 7058.82 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 28235.29 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 63529.41 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 112941.18 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \text{ ---> } V = 176470.59 \text{ m}^3$$

$$h = 12 \text{ m} \text{ ---> } V = 254117.65 \text{ m}^3$$

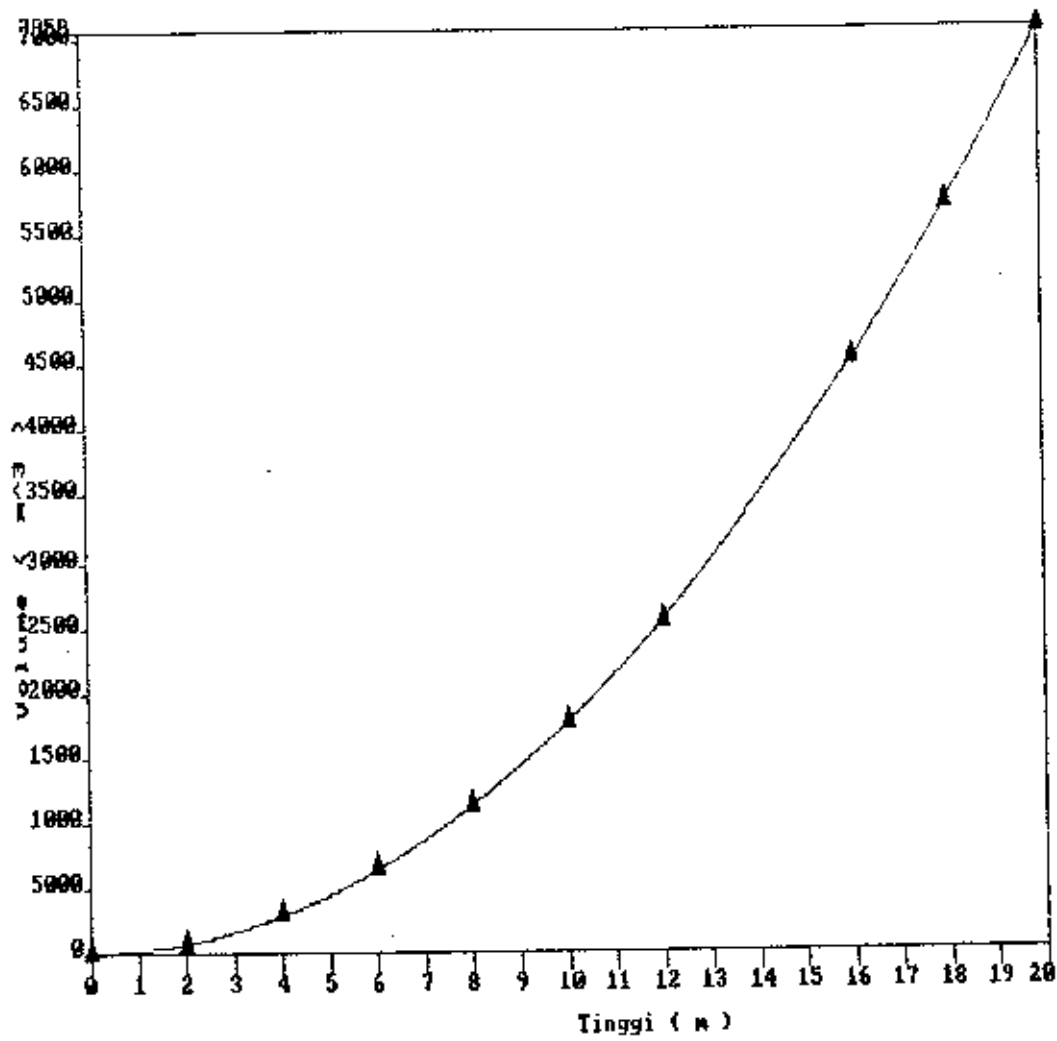
$$h = 16 \text{ m} \text{ ---> } V = 451764.71 \text{ m}^3$$

$$h = 18 \text{ m} \text{ ---> } V = 571764.71 \text{ m}^3$$

$$h = 20 \text{ m} \text{ ---> } V = 705882.35 \text{ m}^3$$

• Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.8

Gambar 5.8



Check Dam (x13), elevasi 780.00

$$B = 60 \text{ m}$$

$$Is = 0.062$$

$$Ir = 0.046$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 7500 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 30000 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 67500 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 120000 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 187500 \text{ m}^3$$

$$h = 12 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 270000 \text{ m}^3$$

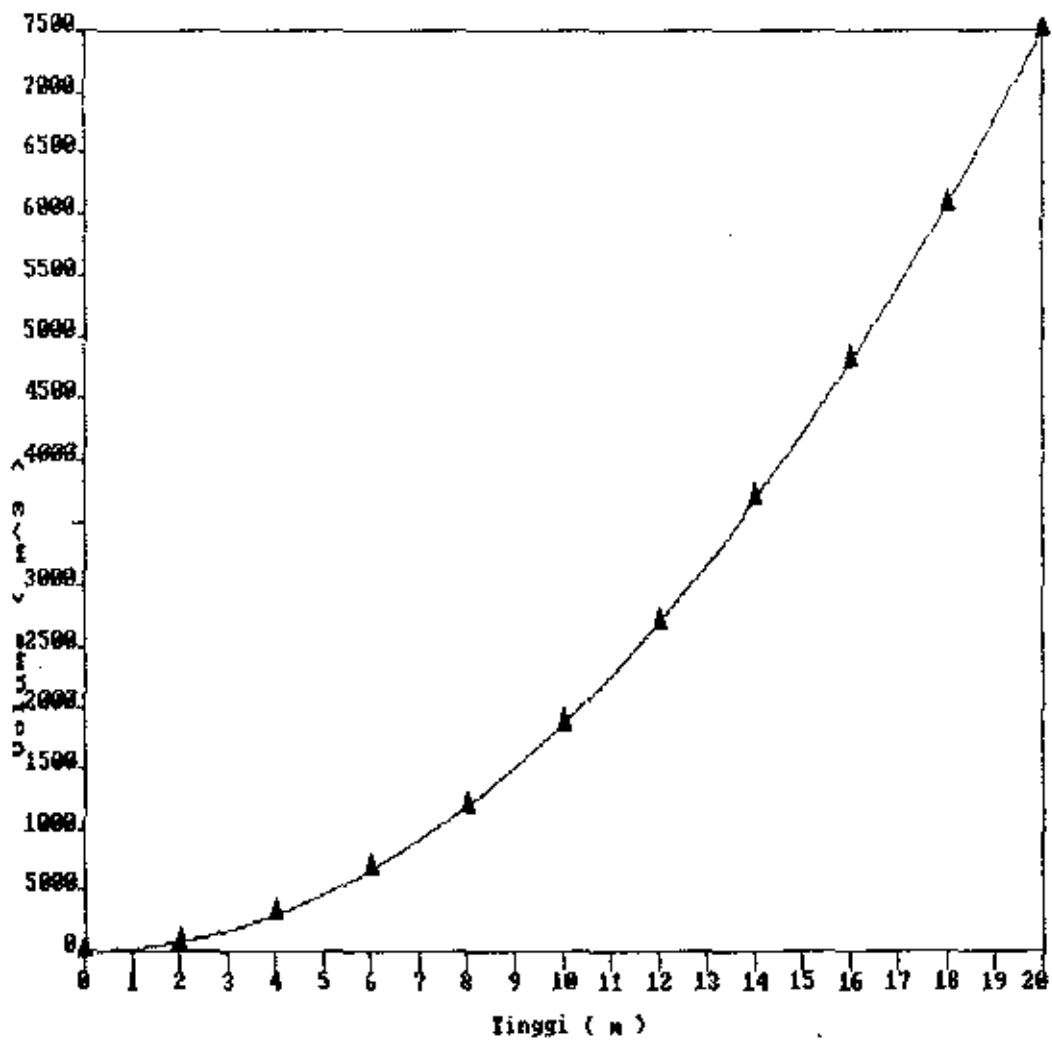
$$h = 16 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 480000 \text{ m}^3$$

$$h = 18 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 607500 \text{ m}^3$$

$$h = 20 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 750000 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.9

Gambar 5.9



- Check Dam { x14 }, elevasi 740.00

$$B = 70 \text{ m}$$

$$I_s = 0.057$$

$$I_r = 0.043$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 10000 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 40000 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 90000 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 160000 \text{ m}^3$$

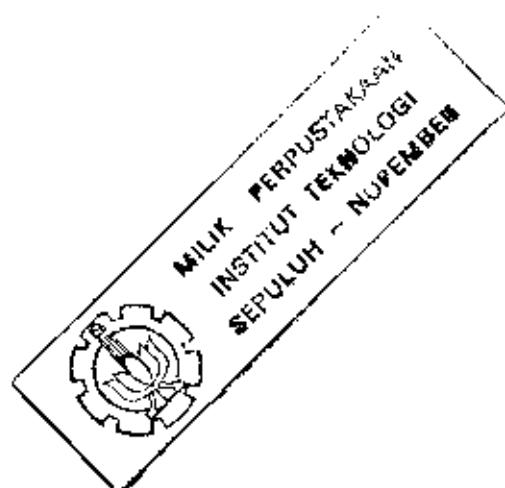
$$h = 10 \text{ m} \text{ ----> } V = 250000 \text{ m}^3$$

$$h = 12 \text{ m} \text{ ----> } V = 360000 \text{ m}^3$$

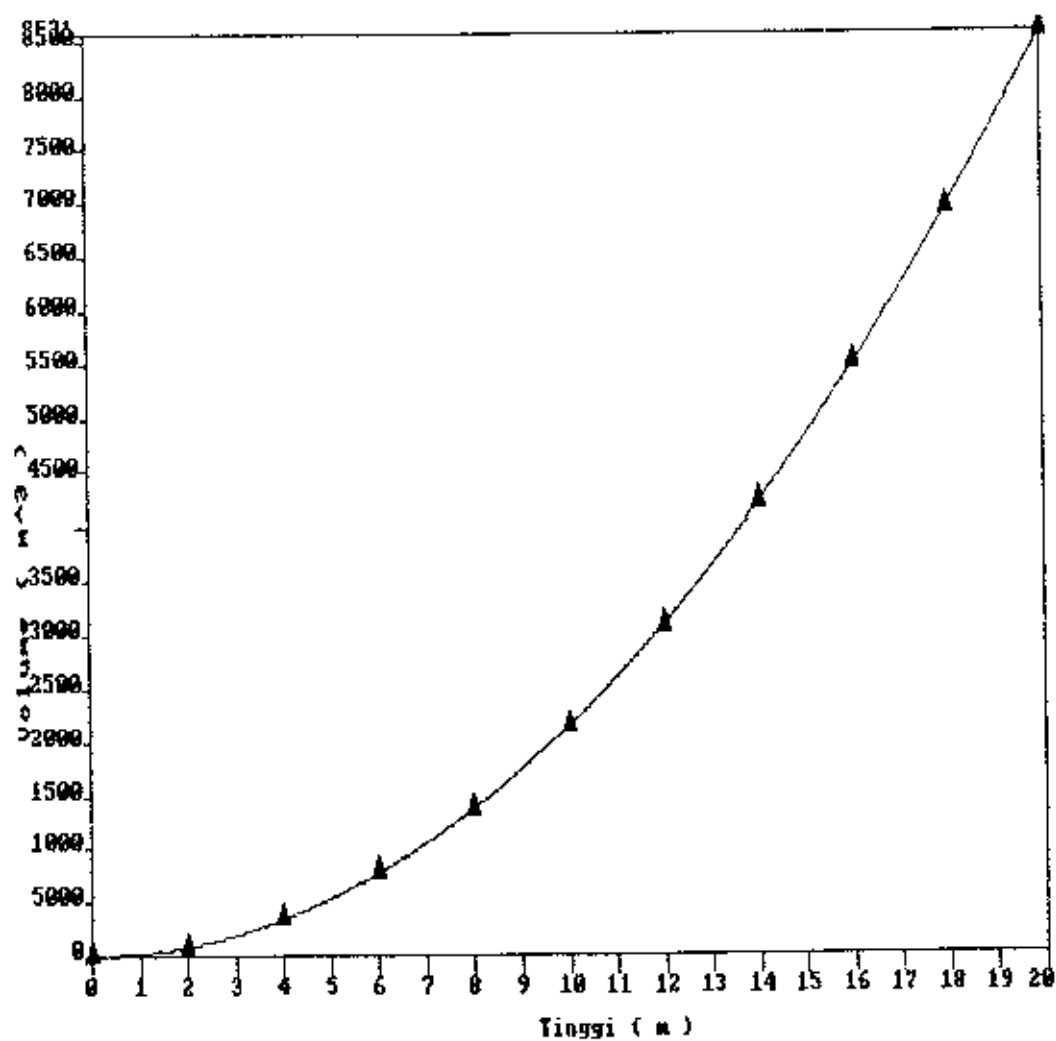
$$h = 16 \text{ m} \text{ ----> } V = 640000 \text{ m}^3$$

$$h = 18 \text{ m} \text{ ----> } V = 810000 \text{ m}^3$$

• Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.10



Gambar 5.10



- Consolidasi Dam (z11), elevasi 860.00

$$B = 60 \text{ m}$$

$$I_s = 0.068$$

$$I_r = 0.051$$

$$\text{untuk } h = 1 \text{ m} \rightarrow V = 1764.715 \text{ m}^3$$

$$h = 2 \text{ m} \rightarrow V = 7058.82 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m} \rightarrow V = 15882.35 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \rightarrow V = 28235.29 \text{ m}^3$$

$$h = 5 \text{ m} \rightarrow V = 44117.65 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \rightarrow V = 63529.41 \text{ m}^3$$

$$h = 7 \text{ m} \rightarrow V = 86470.59 \text{ m}^3$$

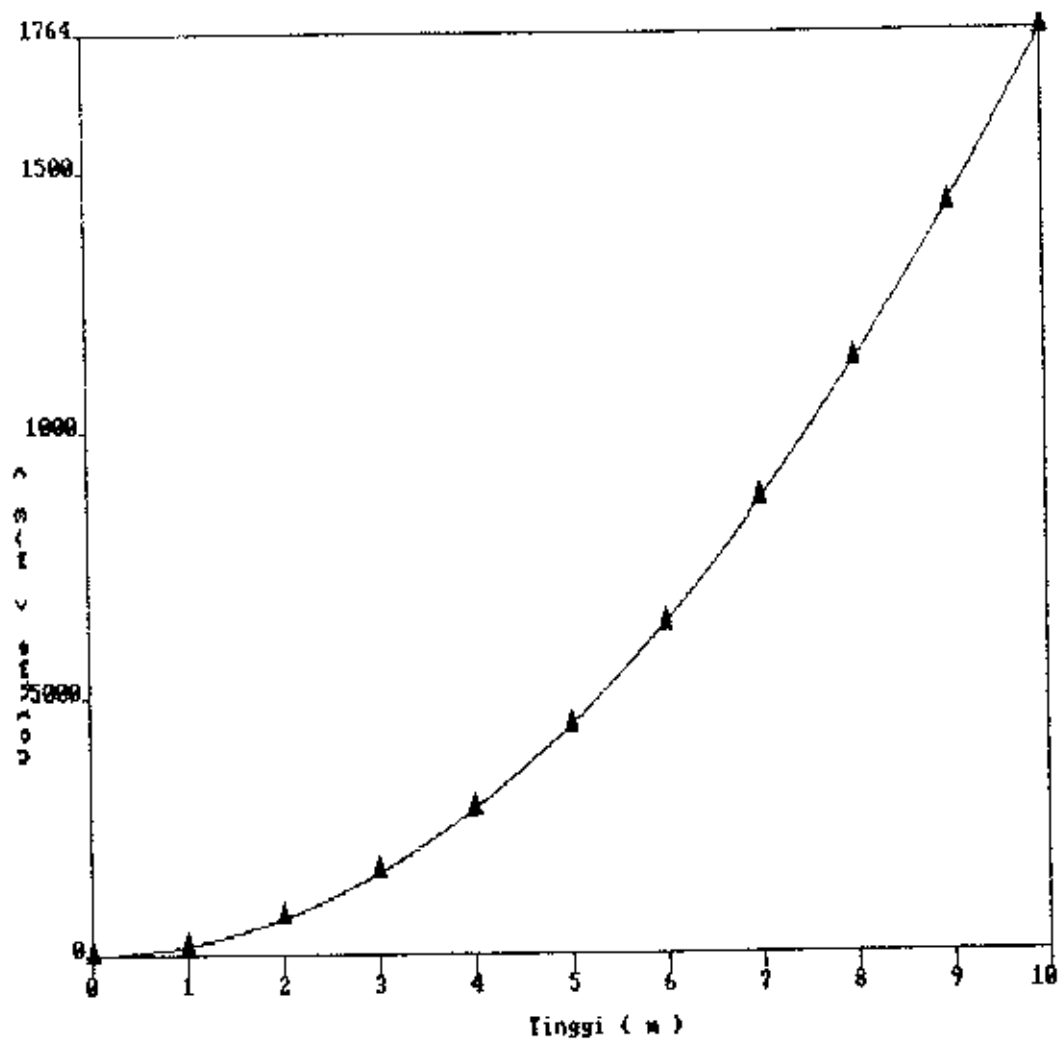
$$h = 8 \text{ m} \rightarrow V = 112941.18 \text{ m}^3$$

$$h = 9 \text{ m} \rightarrow V = 142941.18 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \rightarrow V = 176470.65 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan Kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.11.

Gambar 5.11



onsolidasi Dam (z12), elevasi 710.00

$$B = 70 \text{ m}$$

$$I_s = 0.060$$

$$I_r = 0.045$$

$$\text{Untuk } h = 1 \text{ m} \text{ ----> } V = 2333.33 \text{ m}^3$$

$$h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 9333.33 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m} \text{ ----> } V = 21000 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 37333.33 \text{ m}^3$$

$$h = 5 \text{ m} \text{ ----> } V = 58333.33 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 84000 \text{ m}^3$$

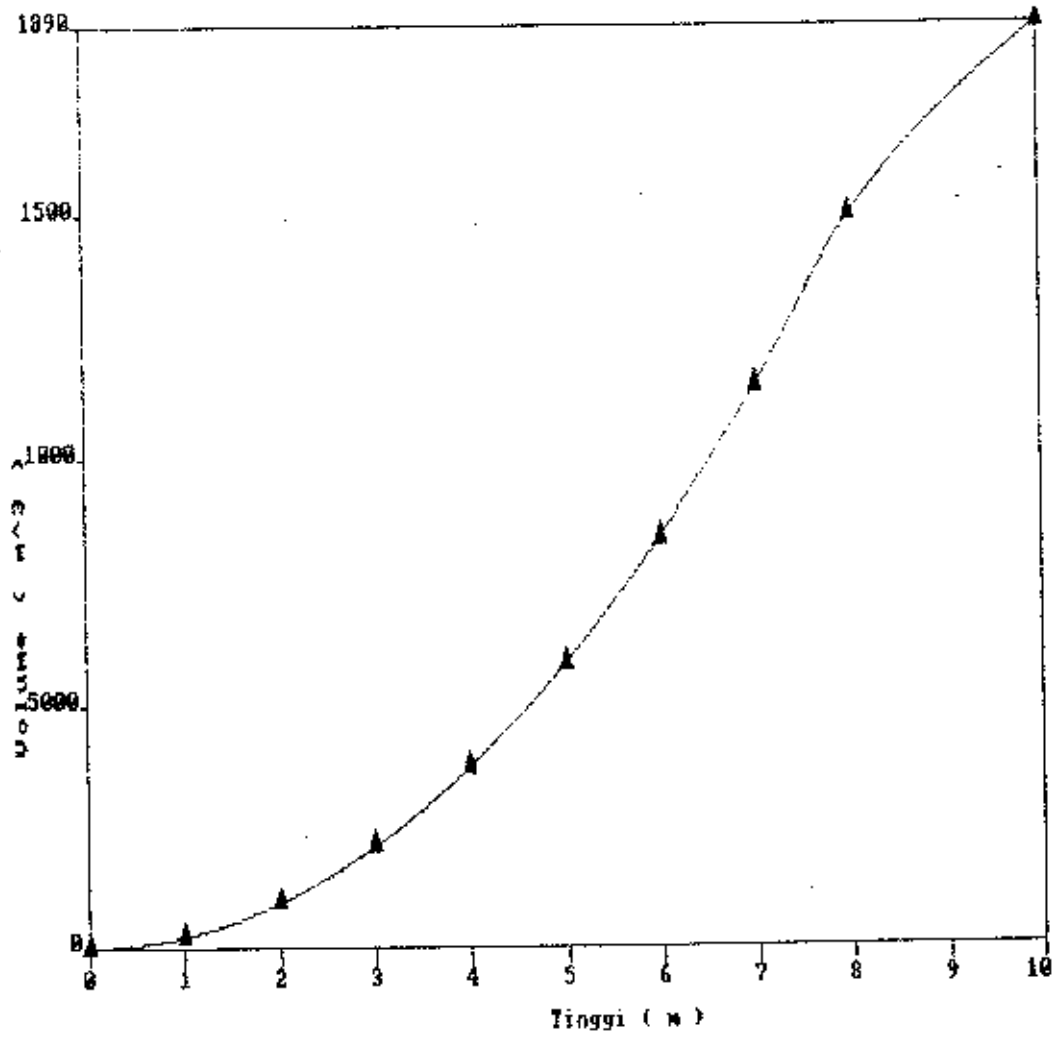
$$h = 7 \text{ m} \text{ ----> } V = 114333.33 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 149333.33 \text{ m}^3$$

$$h = 9 \text{ m} \text{ ----> } V = 189000 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.12

Gambar 5.12



Consolidasi Dam (z13], elevasi 670.00

$$B = 60 \text{ m}$$

$$I_s = 0.060$$

$$I_r = 0.045$$

$$\text{Untuk } h = 1 \text{ m} \text{ ----> } V = 2000 \text{ m}^3$$

$$h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 8000 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m} \text{ ----> } V = 18000 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 32000 \text{ m}^3$$

$$h = 5 \text{ m} \text{ ----> } V = 50000 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 72000 \text{ m}^3$$

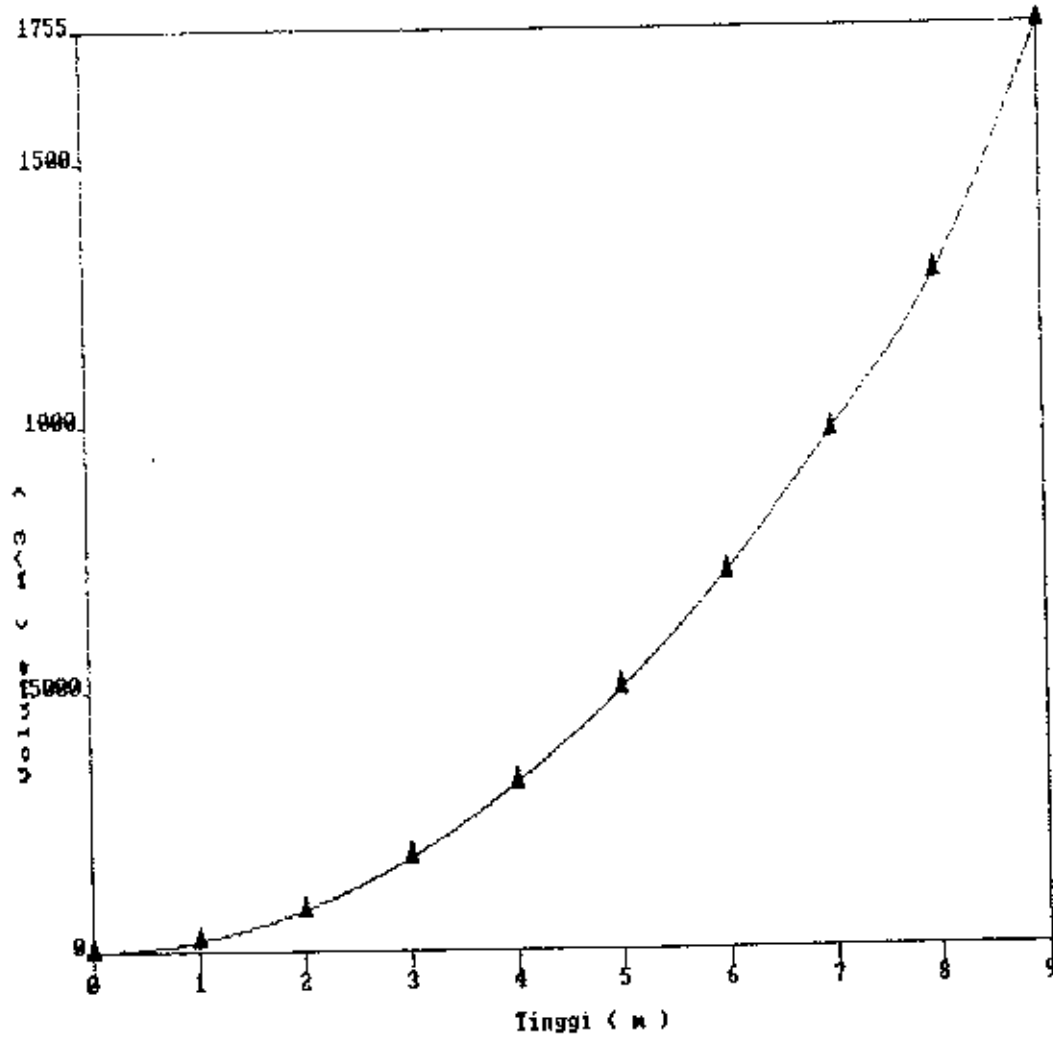
$$h = 7 \text{ m} \text{ ----> } V = 98000 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 128000 \text{ m}^3$$

$$h = 9 \text{ m} \text{ ----> } V = 175500 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan Kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.13

Gambar 5.13



5.3.2.2.2 . Check Dam Pada K. Curah Lengkong

Bangunan Pengendali yang memungkinkan dibuat pada daerah aliran sungai Curah Lengkong adalah 4 check dam dengan 2 Konsolidasi dam.

Check Dam (x21), elevasi 950.00

$$B = 55 \text{ m}$$

$$Is = 0.069$$

$$Ir = 0.052$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 6470.59 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 25882.35 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 58235.29 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 103529.41 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 161764.71 \text{ m}^3$$

$$h = 12 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 232941.18 \text{ m}^3$$

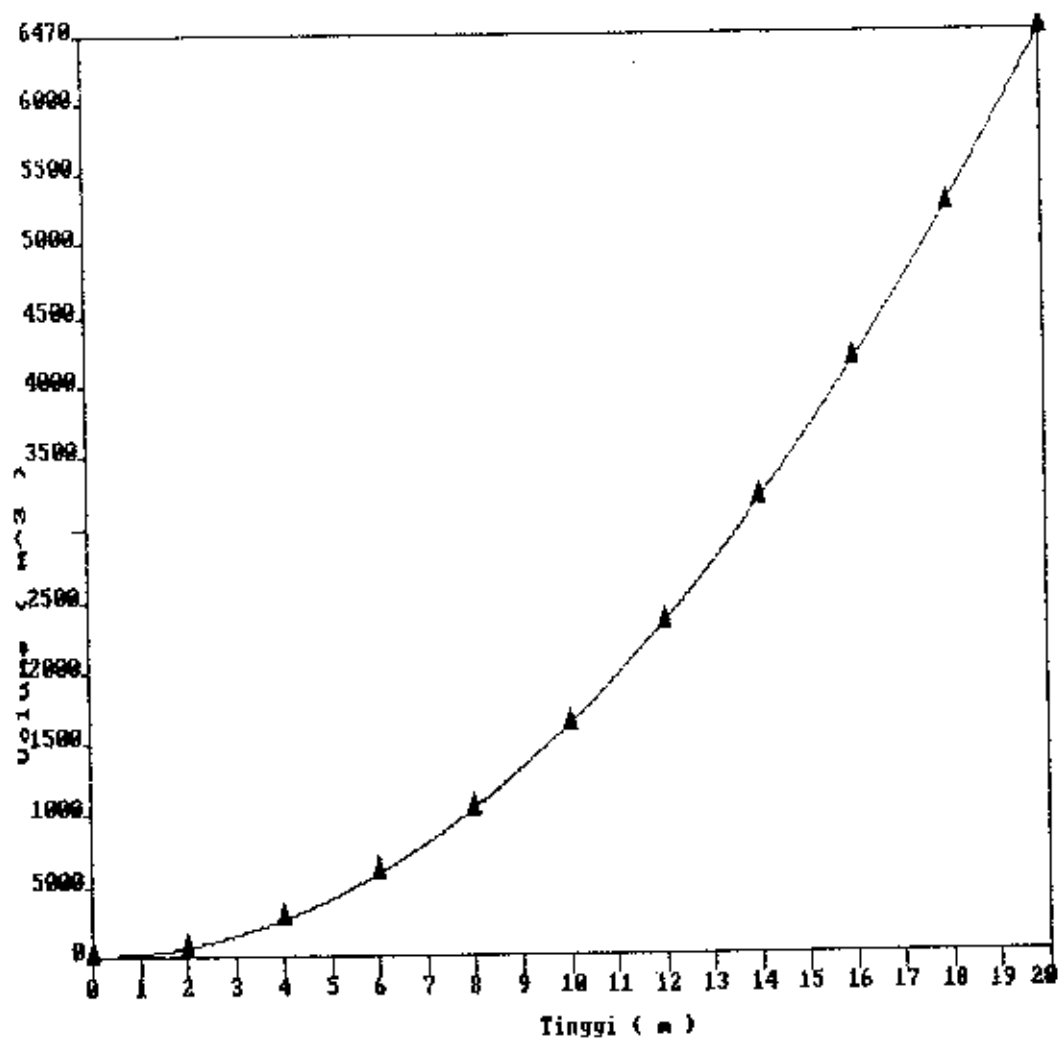
$$h = 16 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 414117.65 \text{ m}^3$$

$$h = 18 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 524117.65 \text{ m}^3$$

$$h = 20 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 647058.82 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.14

Gambar 5.14



Check Dam (x22), elevasi 850.00

$$B = 50 \text{ m}$$

$$I_s = 0.069$$

$$I_r = 0.052$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 5882.35 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 23529.41 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 52941.18 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 94117.65 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \text{ ----> } V = 147058.82 \text{ m}^3$$

$$h = 12 \text{ m} \text{ ----> } V = 211764.70 \text{ m}^3$$

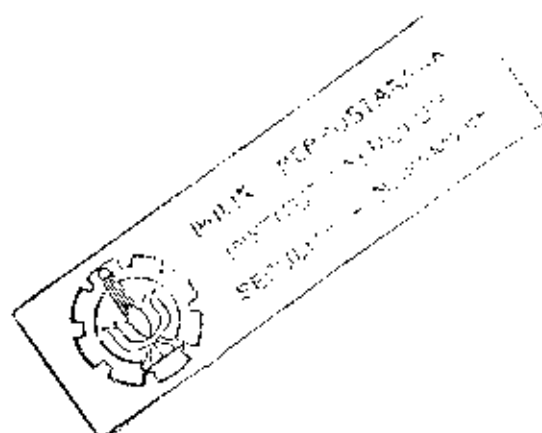
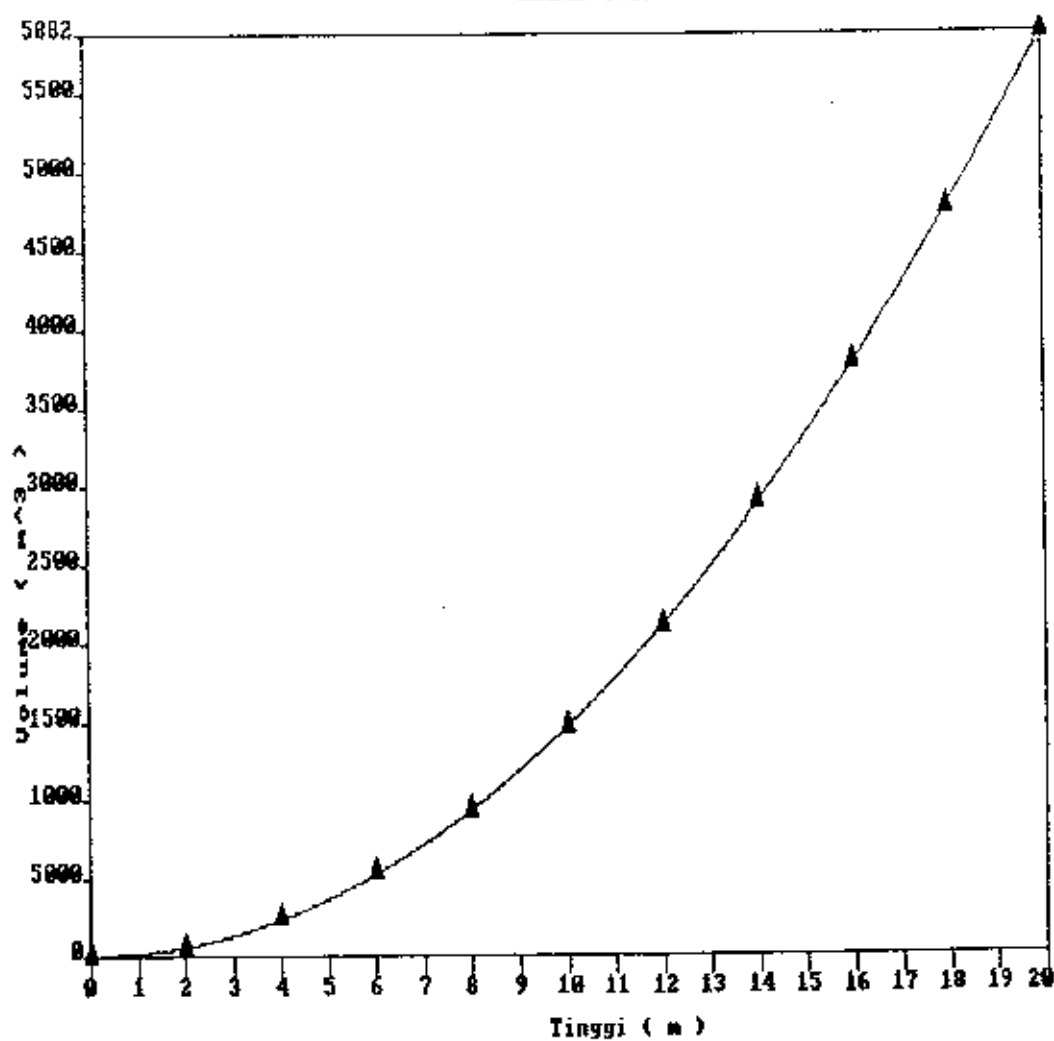
$$h = 16 \text{ m} \text{ ----> } V = 376470.59 \text{ m}^3$$

$$h = 18 \text{ m} \text{ ----> } V = 476470.59 \text{ m}^3$$

$$h = 20 \text{ m} \text{ ----> } V = 588235.29 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.15

Gambar 5.15



Check Dam (x23), elevasi 830.00

$$B = 50 \text{ m}$$

$$I_s = 0.069$$

$$I_r = 0.052$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 7058.82 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 28235.29 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 63529.41 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 112941.18 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \text{ ----> } V = 176470.59 \text{ m}^3$$

$$h = 12 \text{ m} \text{ ----> } V = 254117.65 \text{ m}^3$$

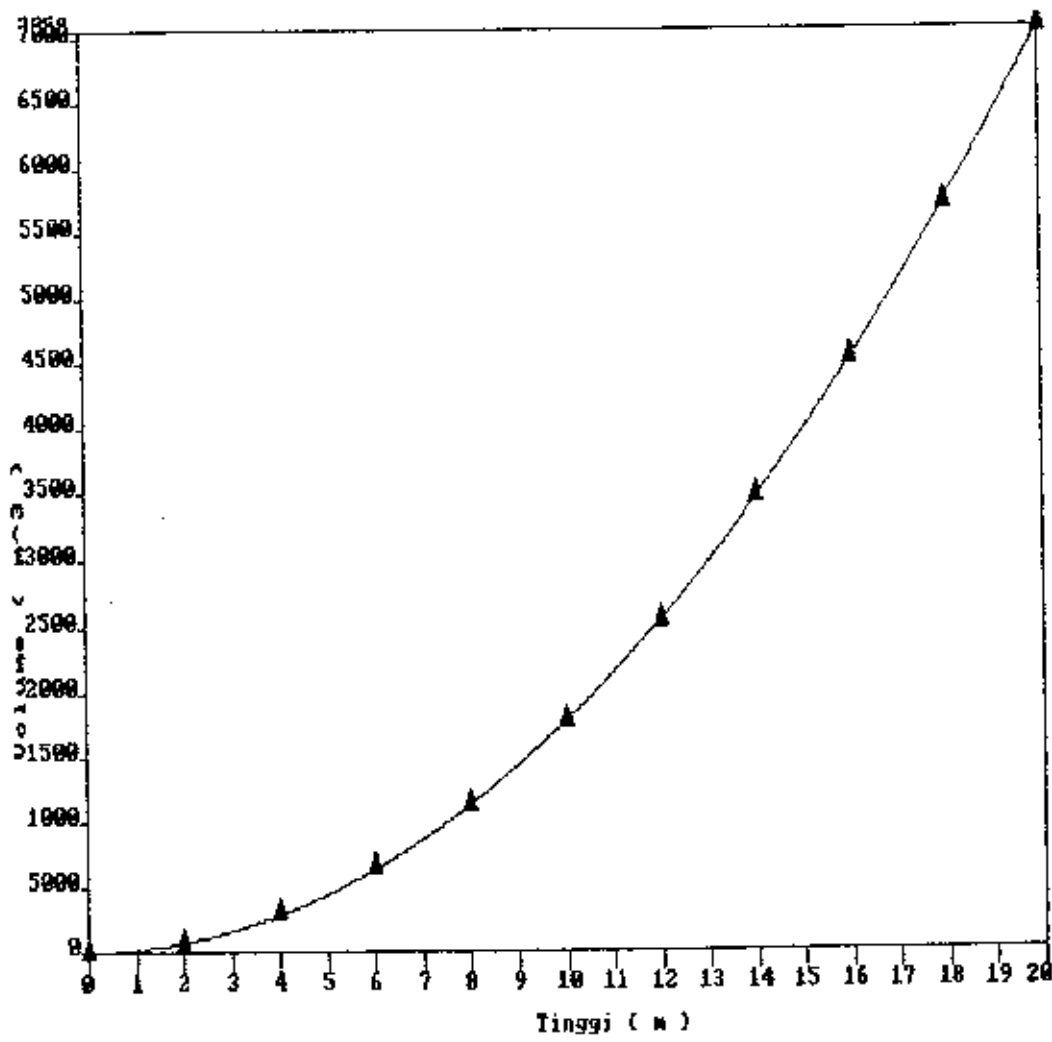
$$h = 16 \text{ m} \text{ ----> } V = 451764.71 \text{ m}^3$$

$$h = 18 \text{ m} \text{ ----> } V = 571764.71 \text{ m}^3$$

$$h = 20 \text{ m} \text{ ----> } V = 705882.35 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.16

Gambar 5.16



Check Dam (x24), elevasi 790.00

$$B = 60 \text{ m}$$

$$I_s = 0.089$$

$$I_r = 0.067$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 5454.55 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 21818.18 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 49090.91 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 87272.73 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \text{ ----> } V = 136363.64 \text{ m}^3$$

$$h = 12 \text{ m} \text{ ----> } V = 196363.64 \text{ m}^3$$

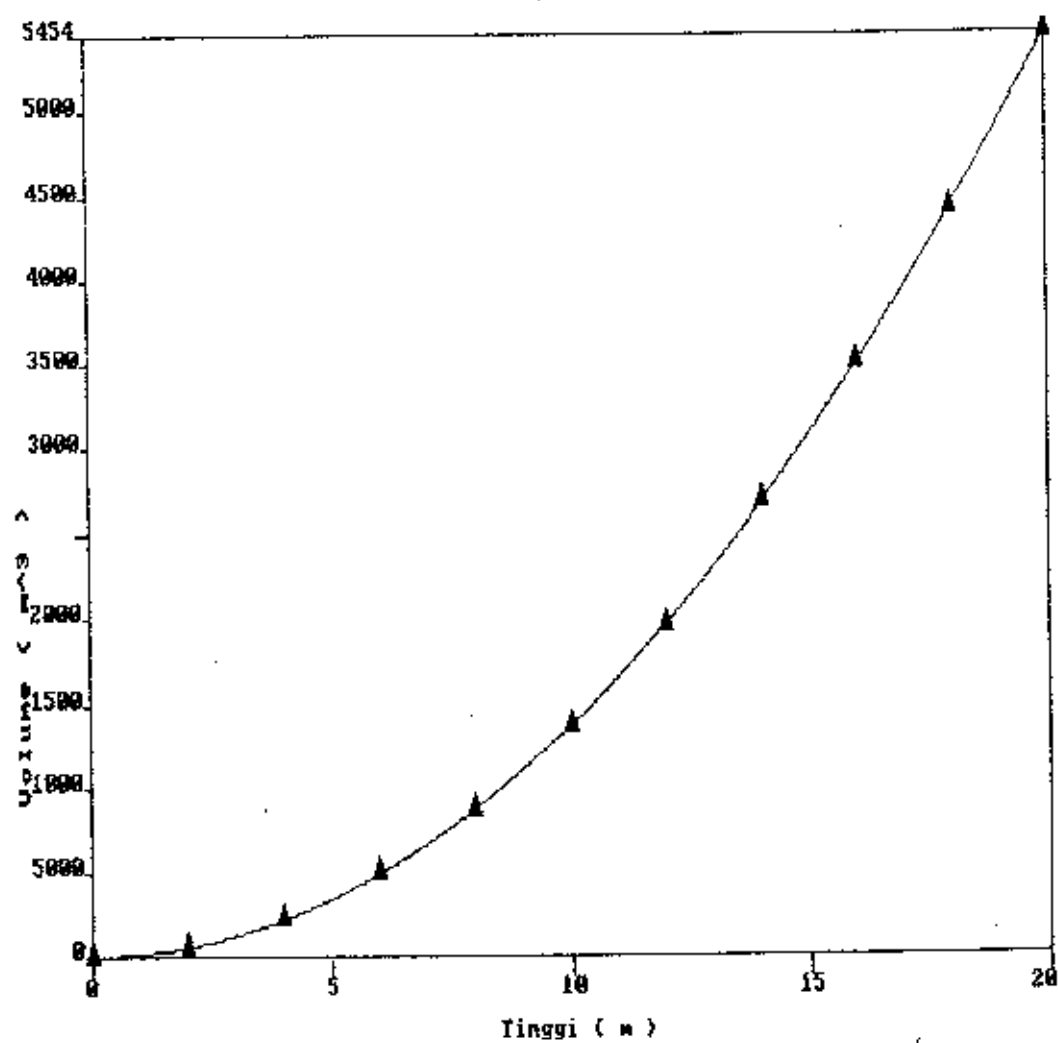
$$h = 16 \text{ m} \text{ ----> } V = 349090.91 \text{ m}^3$$

$$h = 18 \text{ m} \text{ ----> } V = 441818.18 \text{ m}^3$$

$$h = 20 \text{ m} \text{ ----> } V = 545454.55 \text{ m}^3$$

• Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.17

Gambar 5.17



Consolidasi Dam (221), elevasi 900.00

$$B = 55 \text{ m}$$

$$I_s = 0.069$$

$$I_r = 0.052$$

$$\text{Untuk } h = 1 \text{ m} \text{ ----> } V = 1617.65 \text{ m}^3$$

$$h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 6470.59 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m} \text{ ----> } V = 14558.82 \text{ m}^3$$

$$h = 5 \text{ m} \text{ ----> } V = 40441.18 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 58235.29 \text{ m}^3$$

$$h = 7 \text{ m} \text{ ----> } V = 79264.71 \text{ m}^3$$

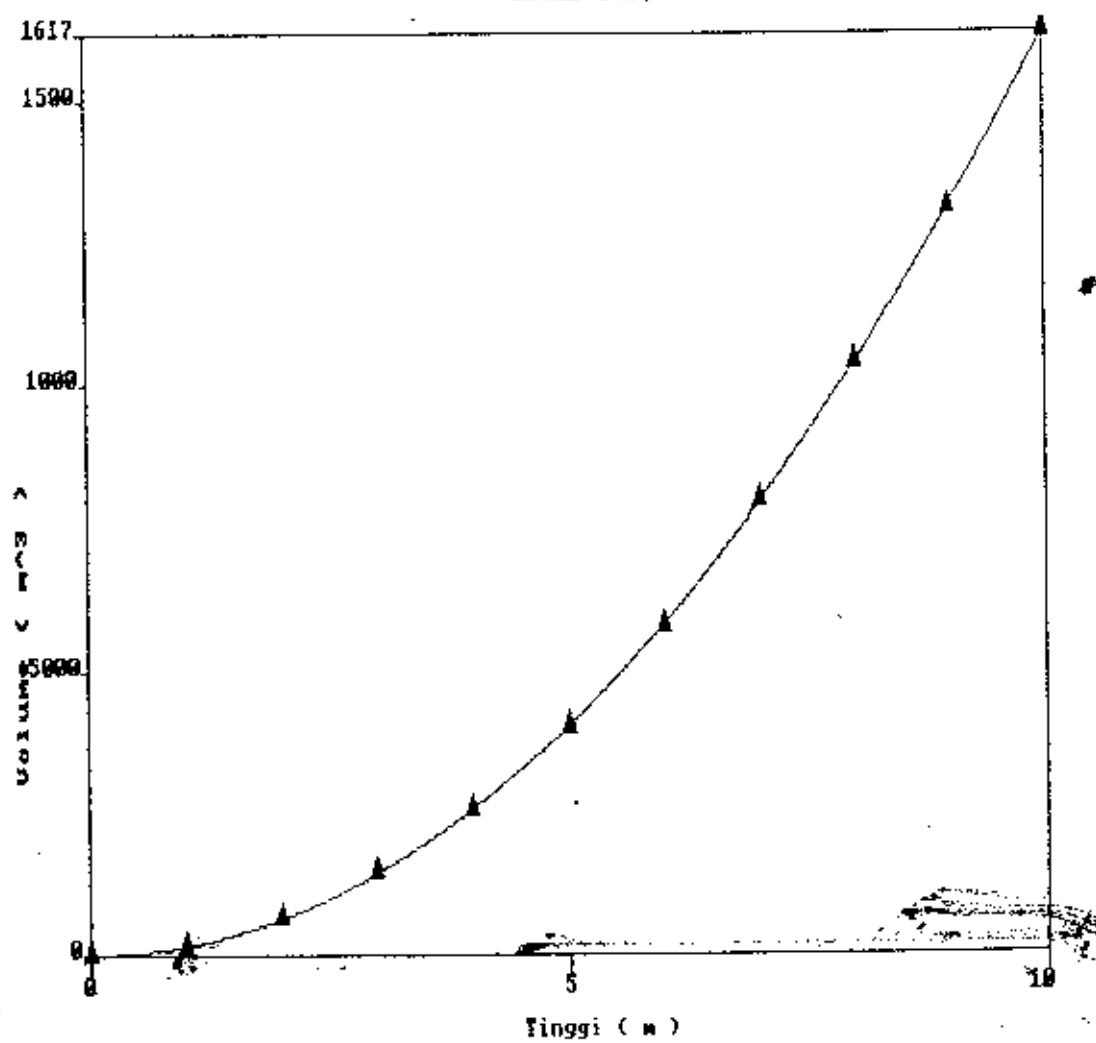
$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 103529.41 \text{ m}^3$$

$$h = 9 \text{ m} \text{ ----> } V = 131029.41 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \text{ ----> } V = 161764.71 \text{ m}^3$$

• Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.18

Gambar 5.18



Consolidasi Dam (z22), elevasi 750.00

$$B = 60 \text{ m}$$

$$I_s = 0.089$$

$$I_r = 0.067$$

$$\text{Untuk } h = 1 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 1363.64 \text{ m}^3$$

$$h = 2 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 5454.55 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 12272.73 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 21818.18 \text{ m}^3$$

$$h = 5 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 34090.91 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 49090.91 \text{ m}^3$$

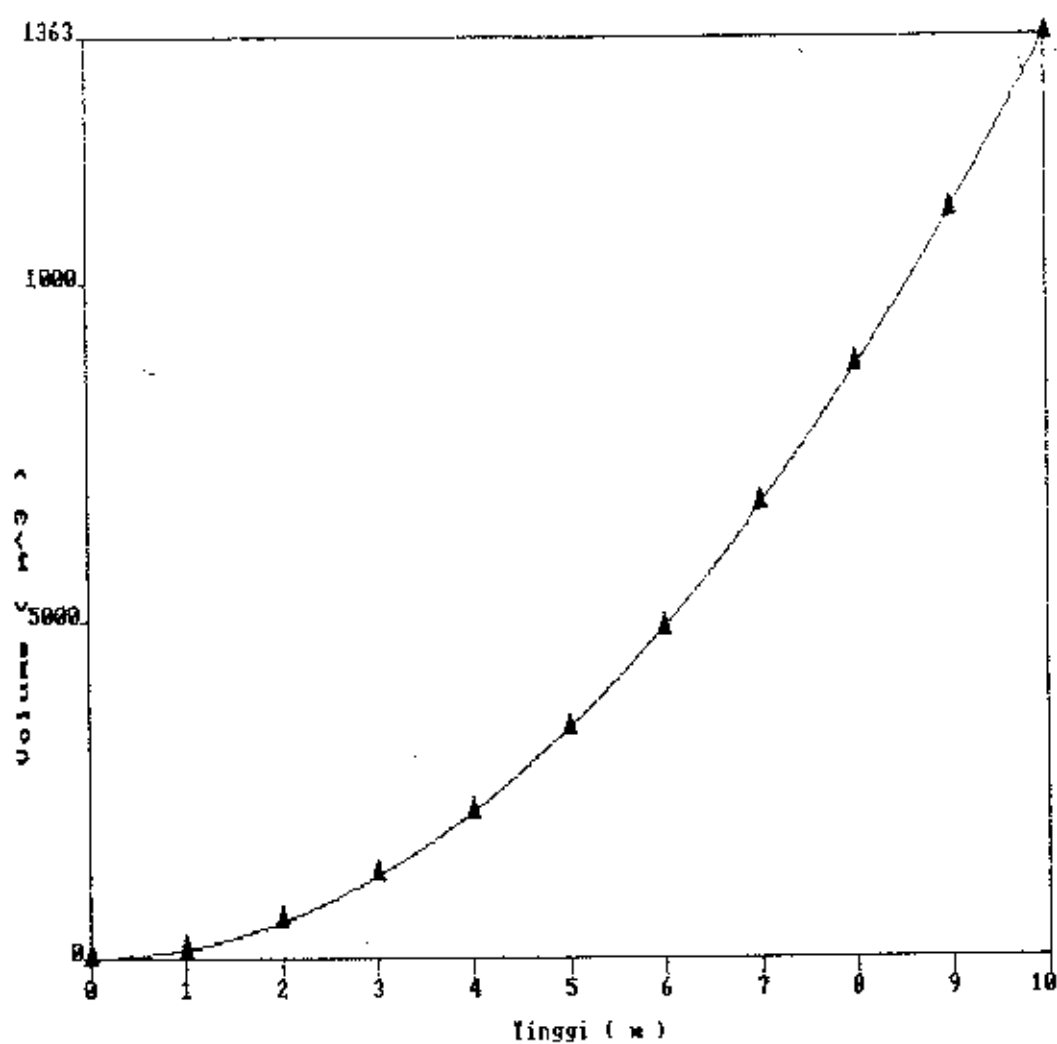
$$h = 7 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 66818.18 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 87272.73 \text{ m}^3$$

$$h = 9 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 110454.55 \text{ m}^3$$

• Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.19.

Gambar 5.19



5.3.2.2.3. Check Dam Pada Pertemuan K. Besuk Koboan Dan
Curah Lengkong

Check Dam (x31), elevasi 620.00

$$B = 60 \text{ m}$$

$$I_s = 0.089$$

$$I_r = 0.067$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 7647.06 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 30588.24 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 68823.53 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 122352.94 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 191176.47 \text{ m}^3$$

$$h = 12 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 275294.12 \text{ m}^3$$

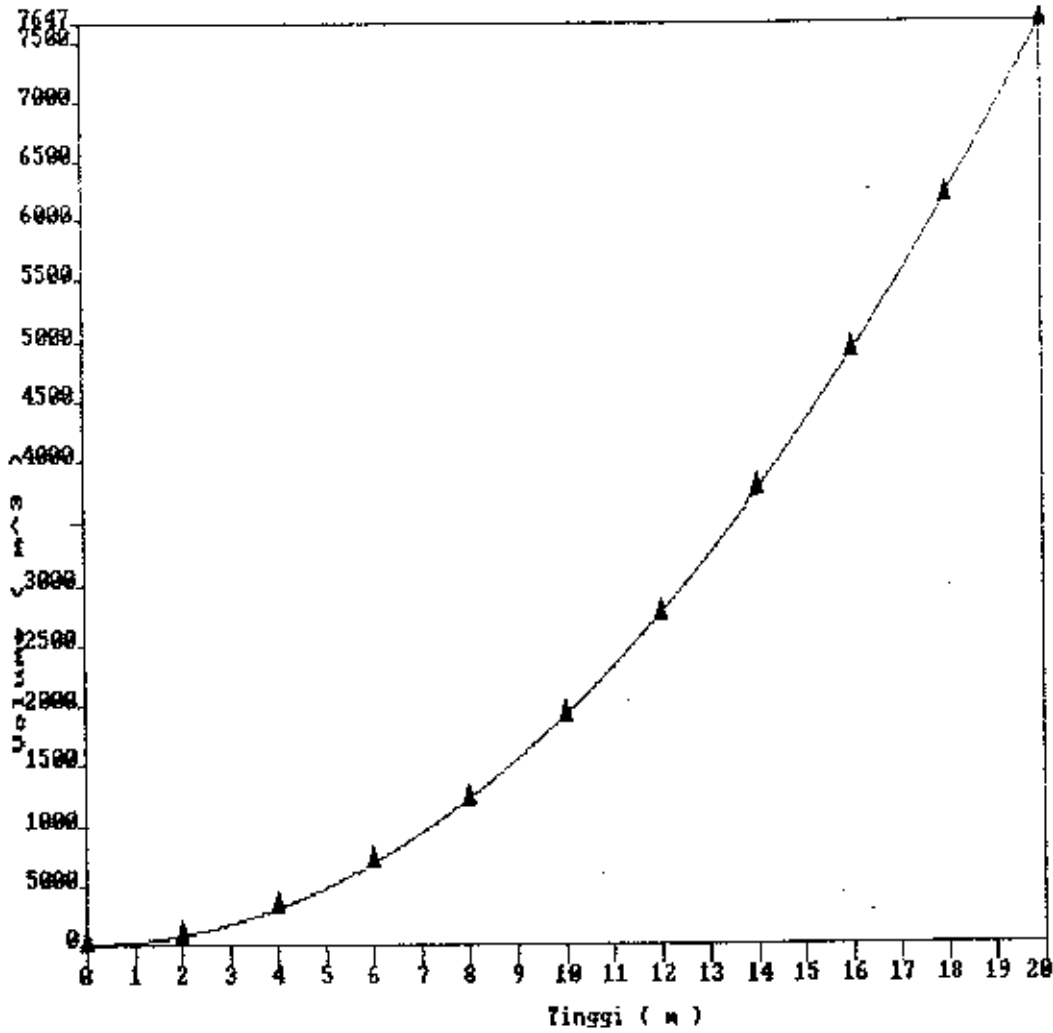
$$h = 16 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 489411.76 \text{ m}^3$$

$$h = 18 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 619411.76 \text{ m}^3$$

$$h = 20 \text{ m} \text{ ---} \rightarrow V = 764705.88 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.10

Gambar 5.20



Check Dam (x32), elevasi 530.00

B : 70 m

Is : 0.064

ir : 0.048

Untuk h : 2 m ----> $V = 8750 \text{ m}^3$

h : 4 m ----> $V = 35000 \text{ m}^3$

h : 6 m ----> $V = 78750 \text{ m}^3$

h : 8 m ----> $V = 140000 \text{ m}^3$

h : 10 m ----> $V = 218750 \text{ m}^3$

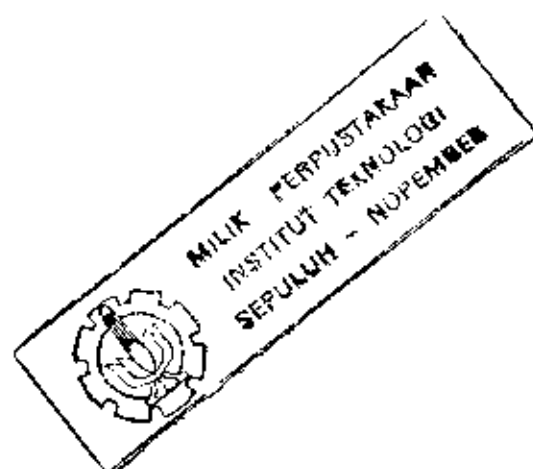
h : 12 m ----> $V = 315000 \text{ m}^3$

h : 16 m ----> $V = 560000 \text{ m}^3$

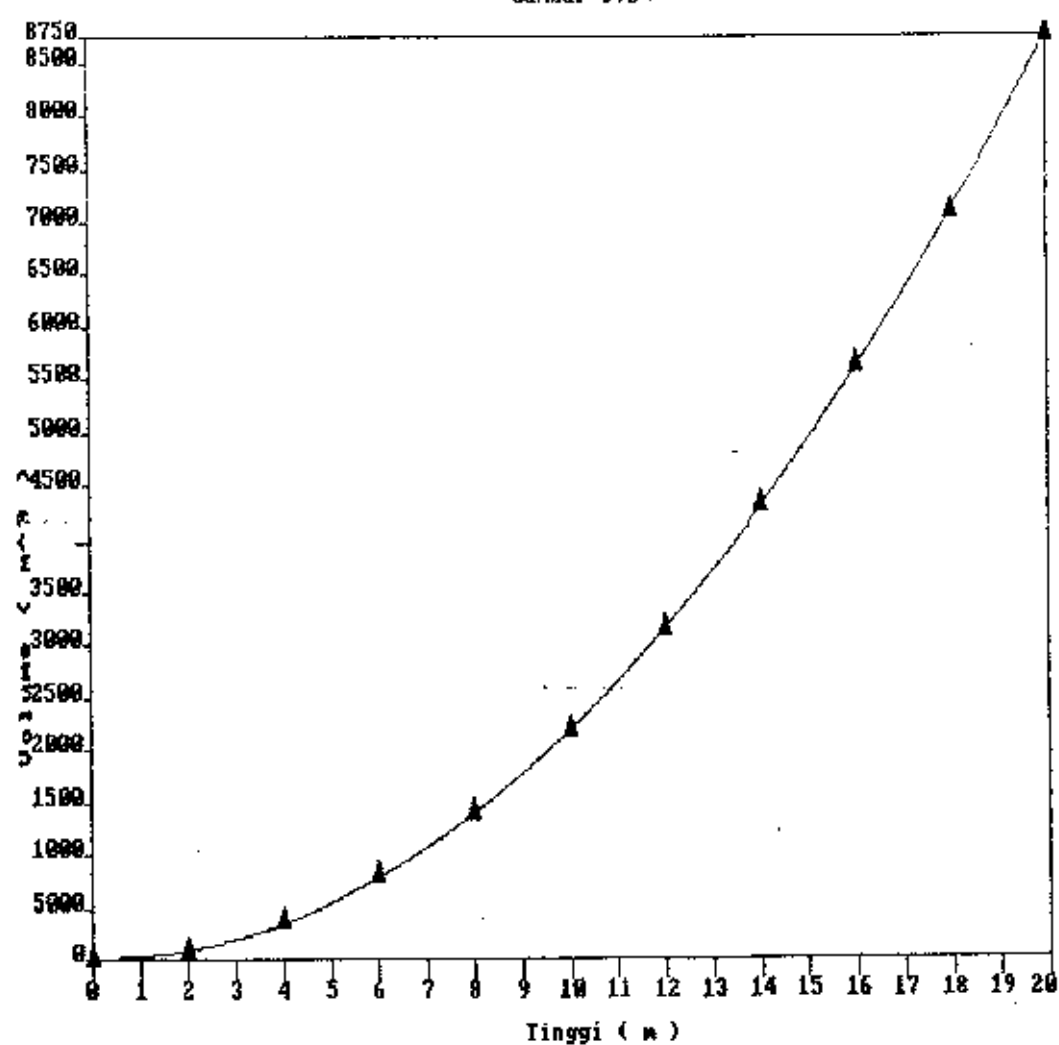
h : 18 m ----> $V = 708750 \text{ m}^3$

h : 20 m ----> $V = 875000 \text{ m}^3$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan Kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.21



Gambar 5.21



Check Dam (x33), elevasi 440.00

$$B = 60 \text{ m}$$

$$Is = 0.064$$

$$Ir = 0.048$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 7500 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 30000 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 67500 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 120000 \text{ m}^3$$

$$h = 10 \text{ m} \text{ ----> } V = 187500 \text{ m}^3$$

$$h = 12 \text{ m} \text{ ----> } V = 270000 \text{ m}^3$$

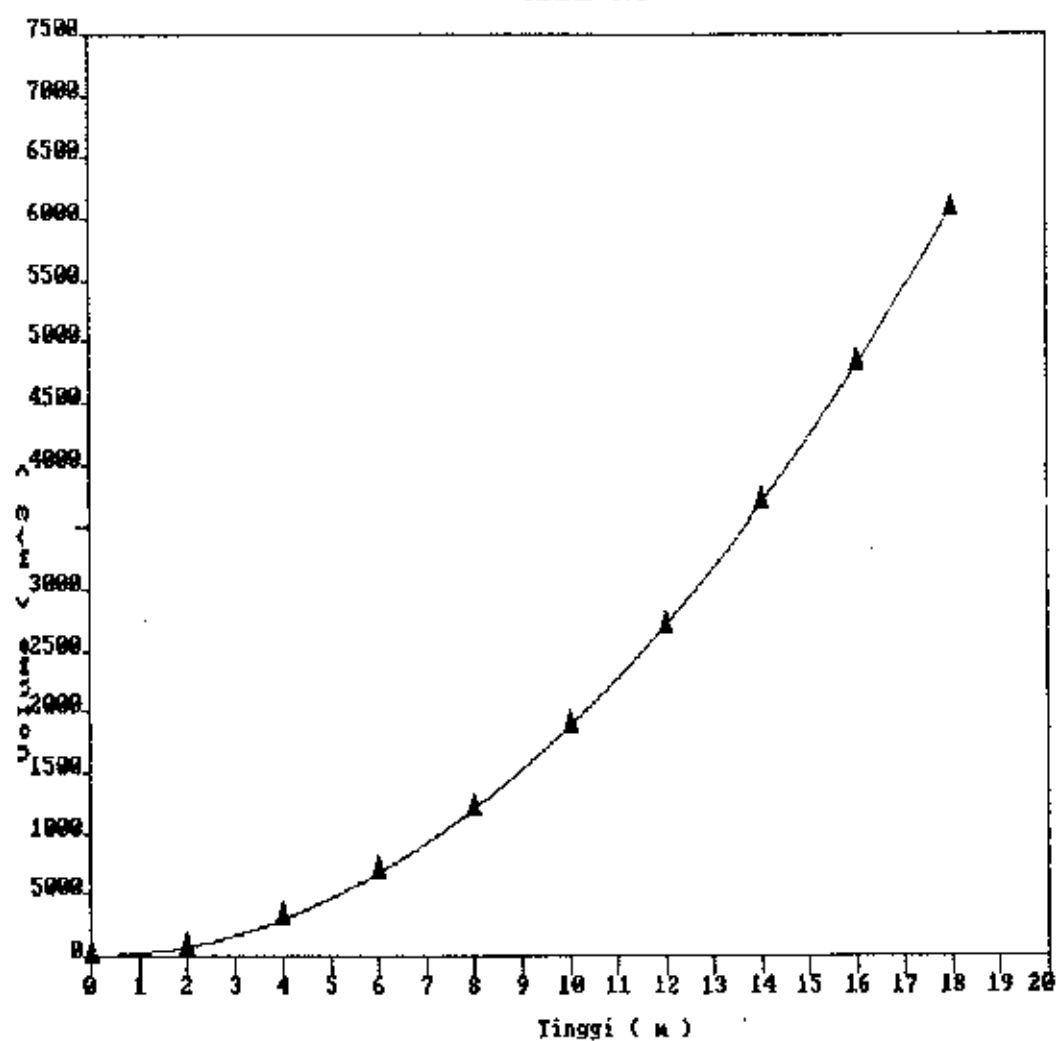
$$h = 16 \text{ m} \text{ ----> } V = 480000 \text{ m}^3$$

$$h = 18 \text{ m} \text{ ----> } V = 607500 \text{ m}^3$$

$$h = 20 \text{ m} \text{ ----> } V = 750000 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan Kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.22

Gambar 5.22



Consolidasi Dam (z31), elevasi 560.00

$$B = 65 \text{ m}$$

$$I_s = 0.069$$

$$I_r = 0.052$$

$$\text{Untuk } h = 1 \text{ m} \text{ ----> } V = 1911.76 \text{ m}^3$$

$$h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 7647.06 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m} \text{ ----> } V = 17205.88 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 30588.24 \text{ m}^3$$

$$h = 5 \text{ m} \text{ ----> } V = 47794.12 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 68823.53 \text{ m}^3$$

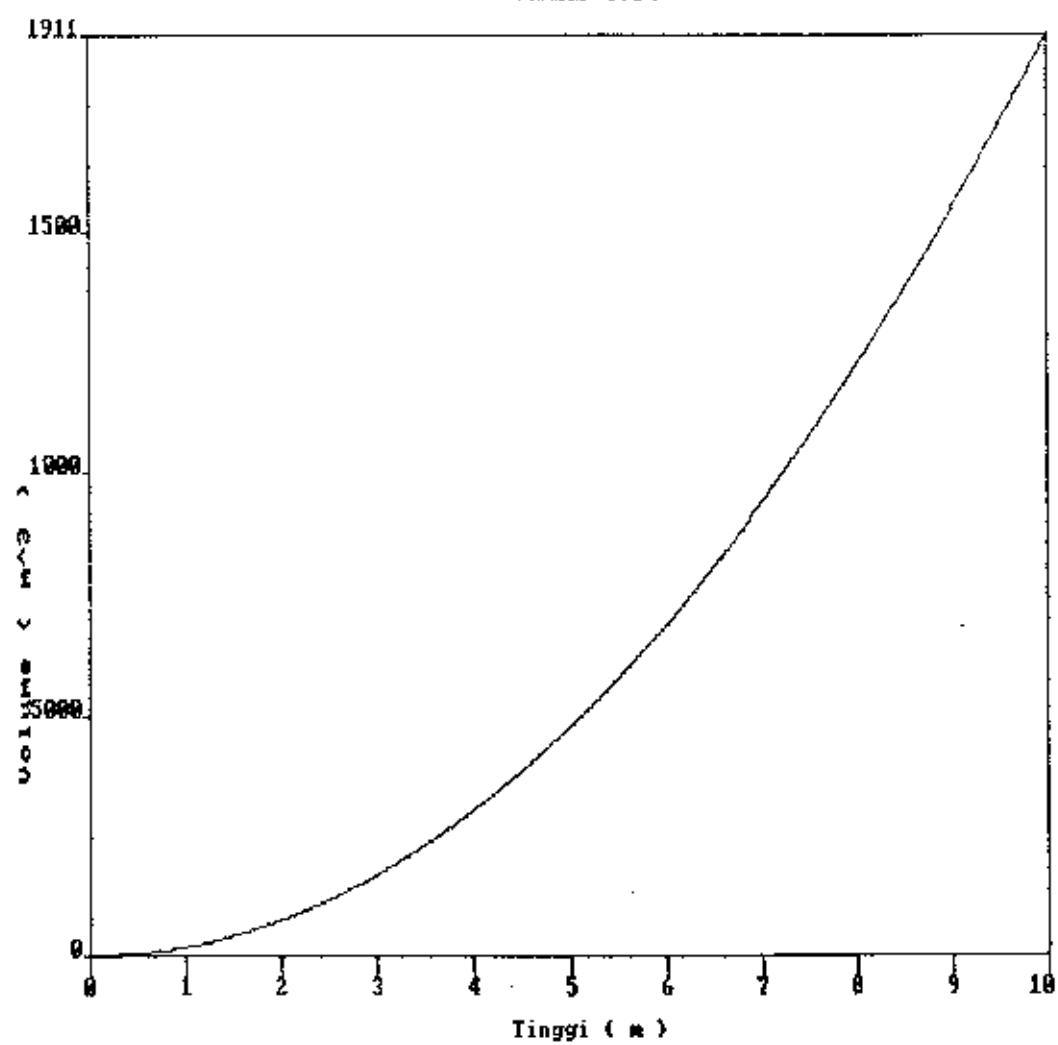
$$h = 7 \text{ m} \text{ ----> } V = 93676.47 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 122352.94 \text{ m}^3$$

$$h = 9 \text{ m} \text{ ----> } V = 154852.94 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan Kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.23.

Gambar 5.23



Consolidasi Dam (z32), elevasi 460.00

$$B = 60 \text{ m}$$

$$I_s = 0.064$$

$$I_r = 0.048$$

$$\text{Untuk } h = 1 \text{ m} \text{ ----> } V = 1875 \text{ m}^3$$

$$h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 7500 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m} \text{ ----> } V = 16875 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 30000 \text{ m}^3$$

$$h = 5 \text{ m} \text{ ----> } V = 46875 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 67500 \text{ m}^3$$

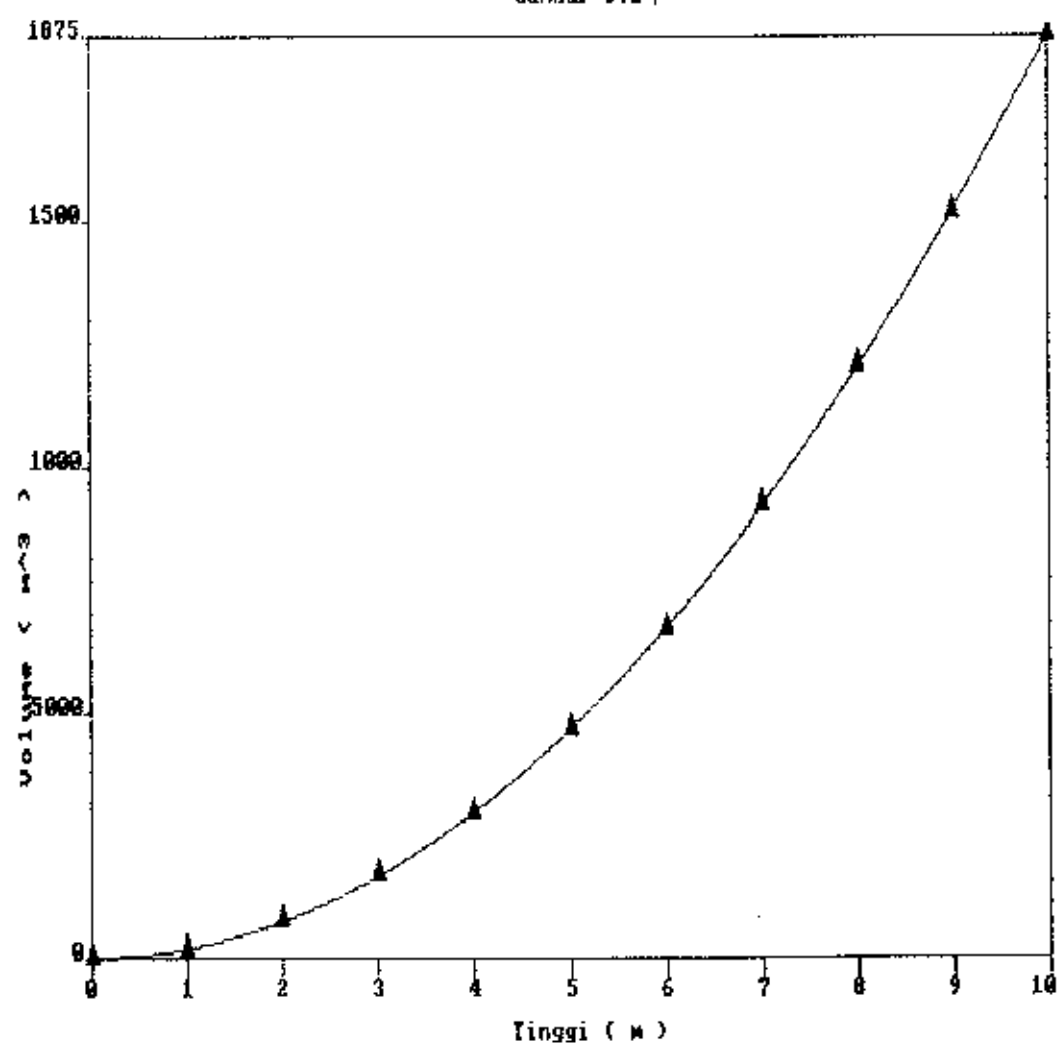
$$h = 7 \text{ m} \text{ ----> } V = 91875 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 120000 \text{ m}^3$$

$$h = 9 \text{ m} \text{ ----> } V = 151875 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.24.

Gambar 5.24



Consolidasi Dam (z33), elevasi 400.00

$$B = 80 \text{ m}$$

$$I_s = 0.045$$

$$I_r = 0.033$$

$$\text{Untuk } h = 1 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 3333.33 \text{ m}^3$$

$$h = 2 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 13333.33 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 30000 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 53333.33 \text{ m}^3$$

$$h = 5 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 83333.33 \text{ m}^3$$

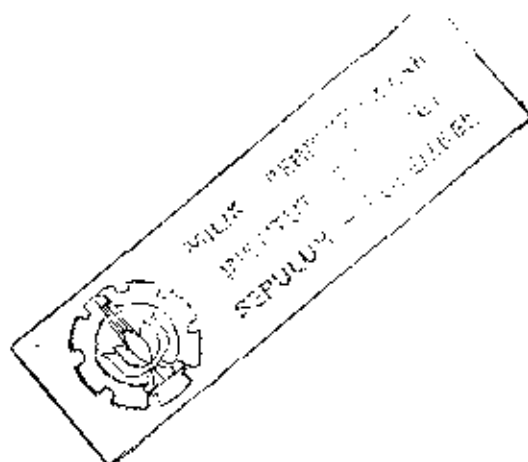
$$h = 6 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 120000 \text{ m}^3$$

$$h = 7 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 163333.33 \text{ m}^3$$

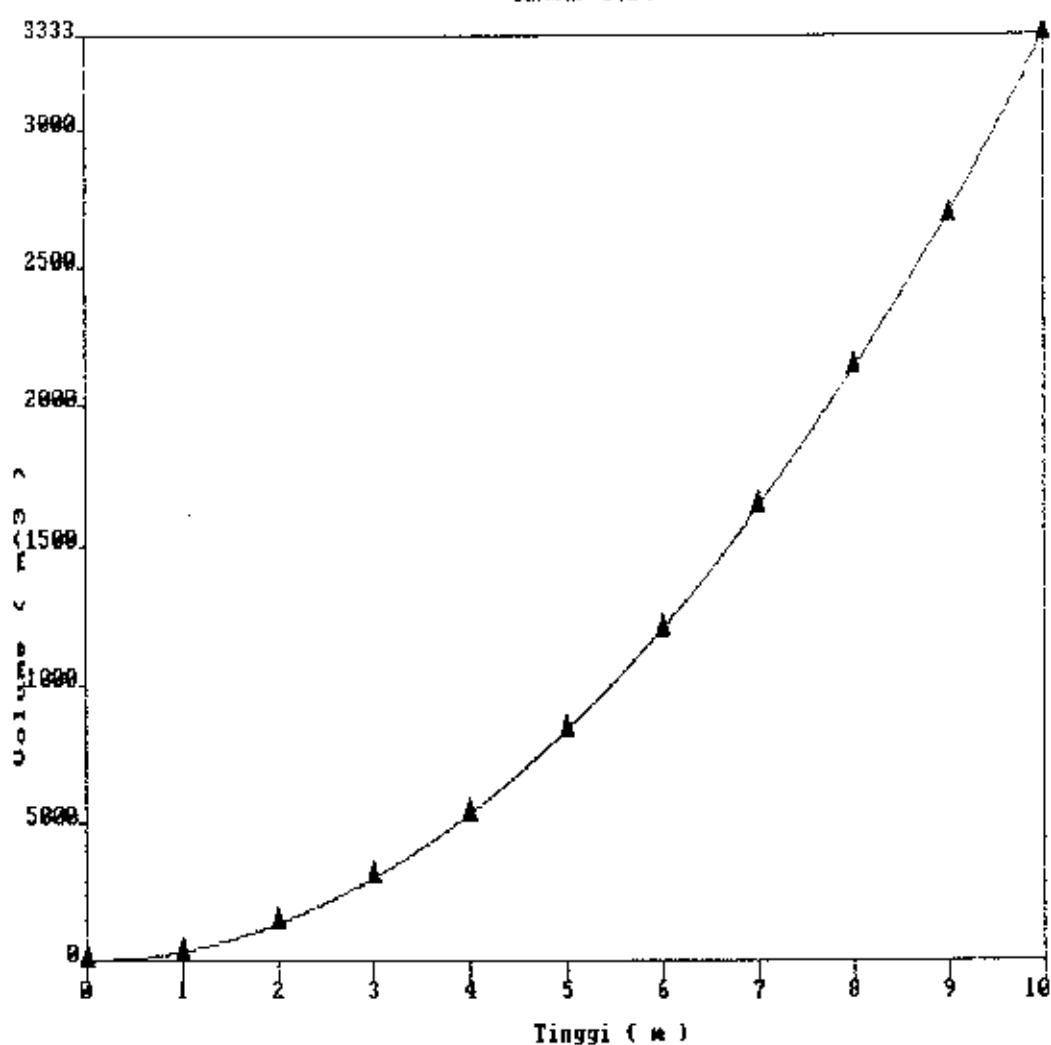
$$h = 8 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 213333.33 \text{ m}^3$$

$$h = 9 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 270000 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan Kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.25.



Gambar 5.25



Consolidasi Dam (z34], elevasi 370.00

$$B = 70 \text{ m}$$

$$I_s = 0.045$$

$$I_r = 0.033$$

$$\text{Untuk } h = 1 \text{ m} \text{ ----> } V = 2916.67 \text{ m}^3$$

$$h = 2 \text{ m} \text{ ----> } V = 11666.67 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m} \text{ ----> } V = 26250 \text{ m}^3$$

$$h = 4 \text{ m} \text{ ----> } V = 46666.67 \text{ m}^3$$

$$h = 5 \text{ m} \text{ ----> } V = 72916.67 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----> } V = 105000 \text{ m}^3$$

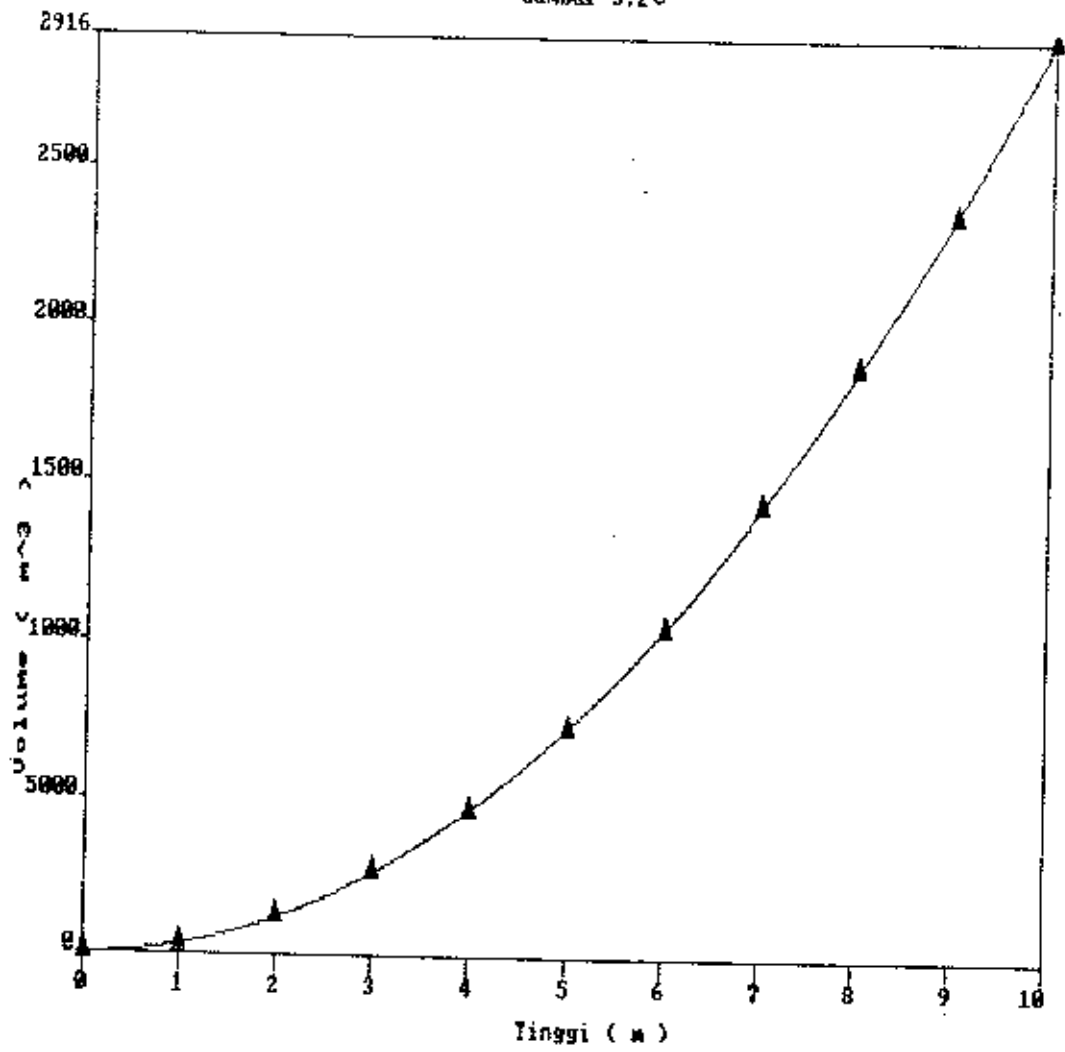
$$h = 7 \text{ m} \text{ ----> } V = 142916.67 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----> } V = 186666.67 \text{ m}^3$$

$$h = 9 \text{ m} \text{ ----> } V = 236250 \text{ m}^3$$

• Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.26.

Gambar 5.26



5.3.2.2.4. Kantong Lahar Pada Hulu K. Leprak (y1),

elevasi 320.00

$$B = 130 \text{ m}$$

$$Is = 0.035$$

$$Ir = 0.026$$

$$\text{Untuk } h = 2 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 29714.29 \text{ m}^3$$

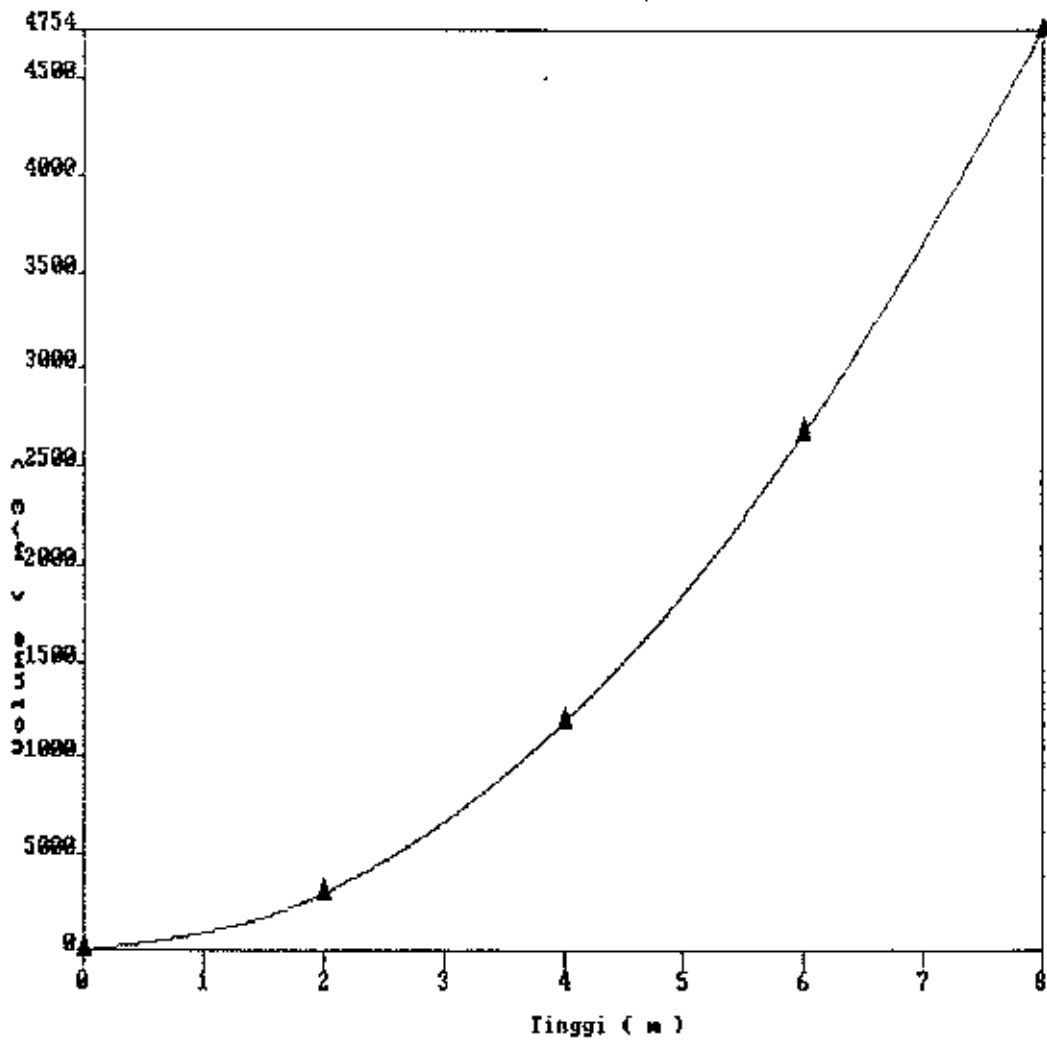
$$h = 4 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 118857.14 \text{ m}^3$$

$$h = 6 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 267428.573 \text{ m}^3$$

$$h = 8 \text{ m} \text{ ----} \rightarrow V = 475428.57 \text{ m}^3$$

- Hubungan antara h (tinggi) dengan Kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.27.

Gambar 5.27



5.3.2.2.5. Kantong Lahar Pada Hilir K. Leprak, elevasi

260.00 (y2) •

B = 205 m

Is = 0.0124

Ir = 0.0093

Untuk h = 2 m ----> V = 132258.06 m³

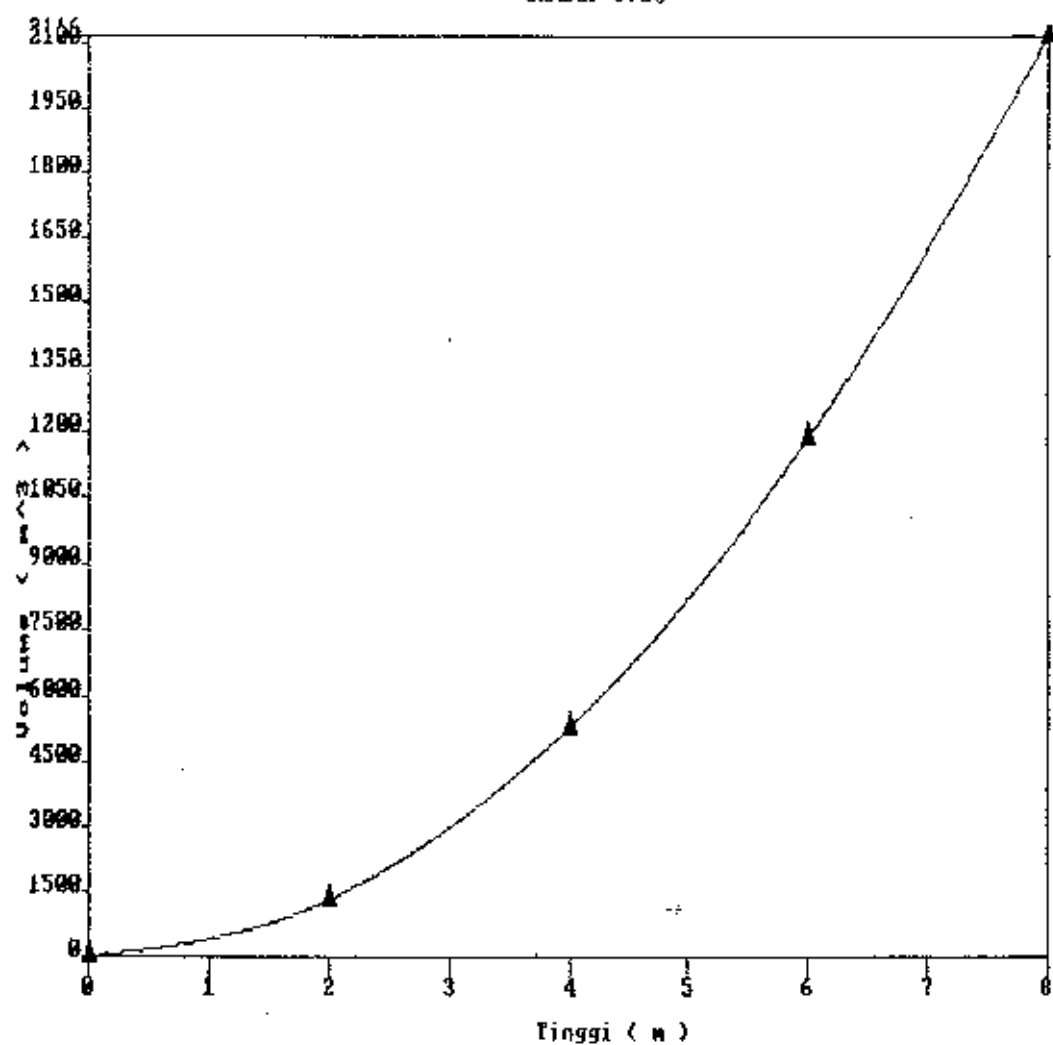
h = 4 m ----> V = 529032.26 m³

h = 6 m ----> V = 1190322.56 m³

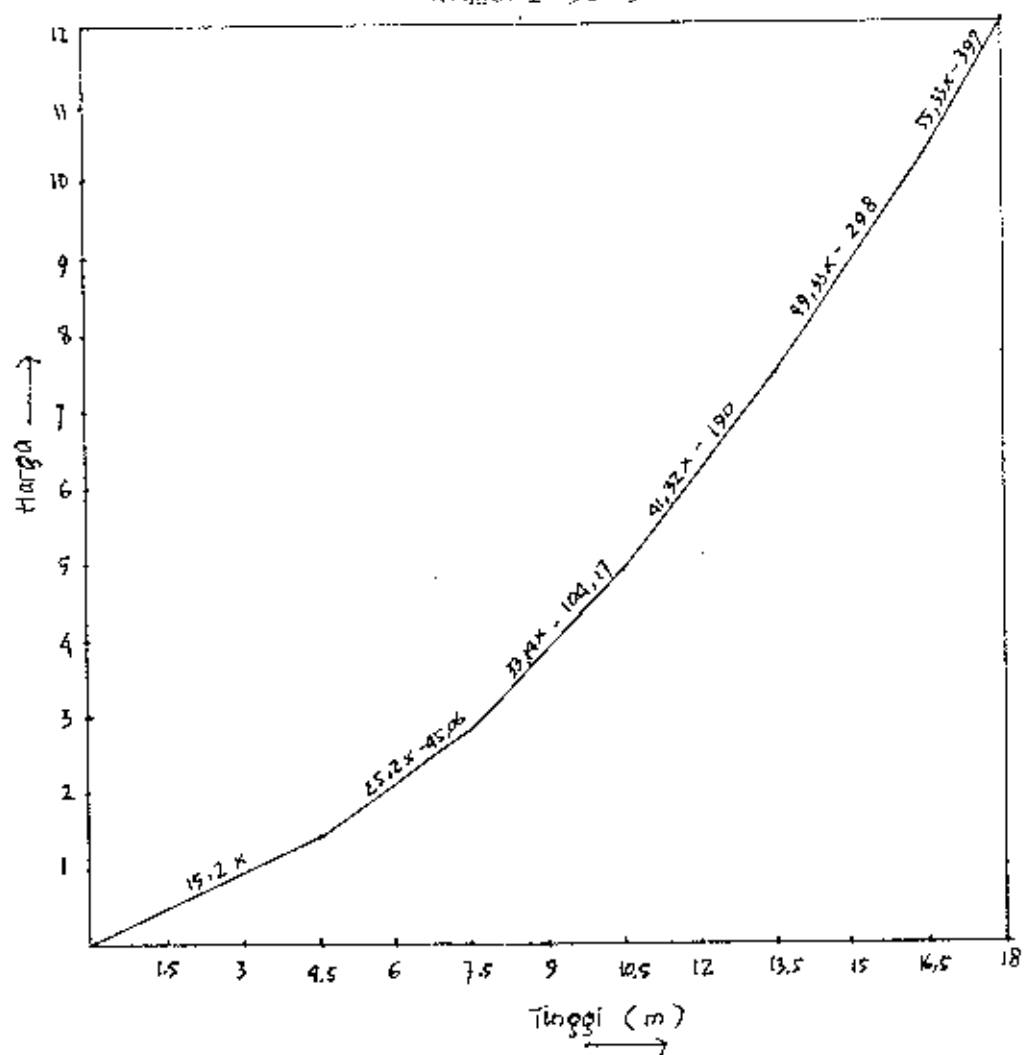
h = 8 m ----> V = 2116129.032 m³

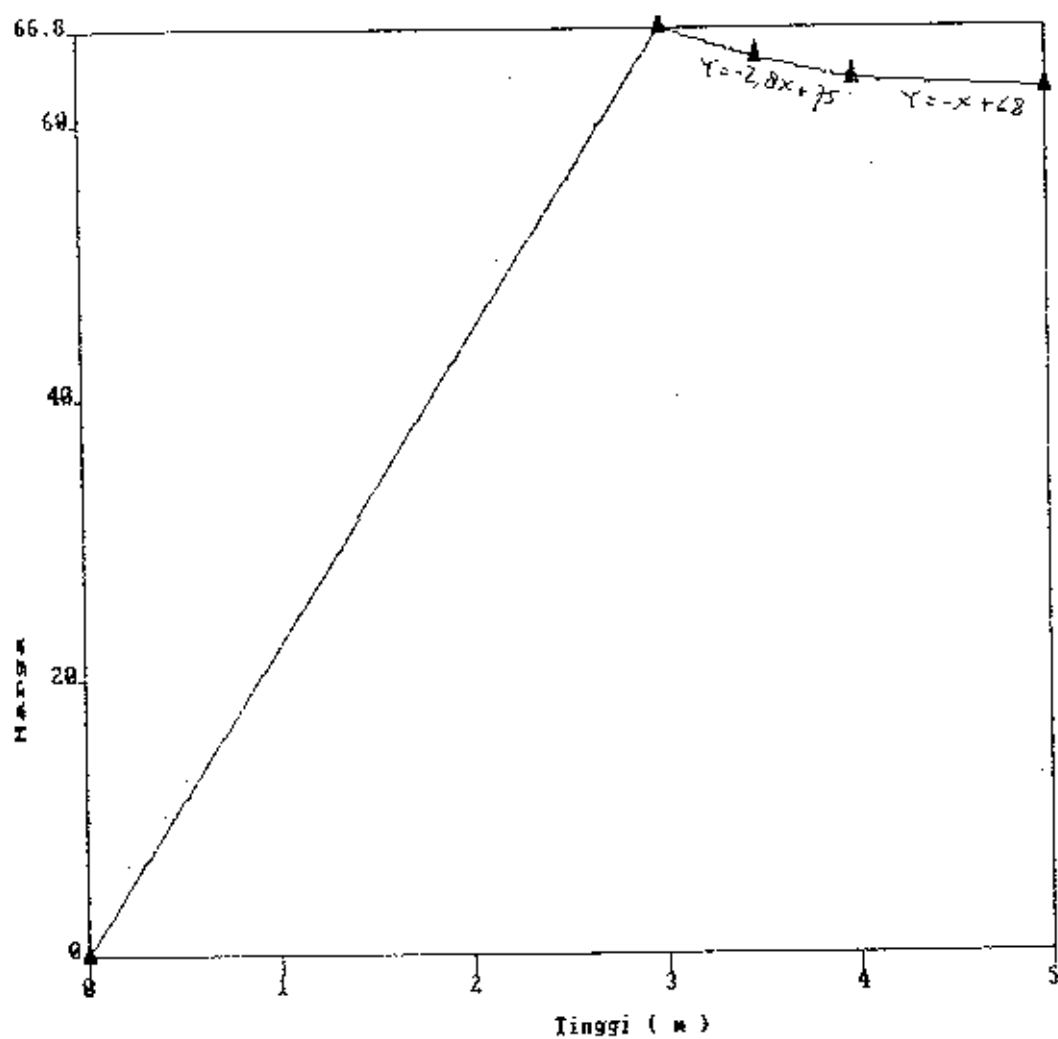
• Hubungan antara h (tinggi) dengan kapasitas tampungan terlihat pada gambar 5.28

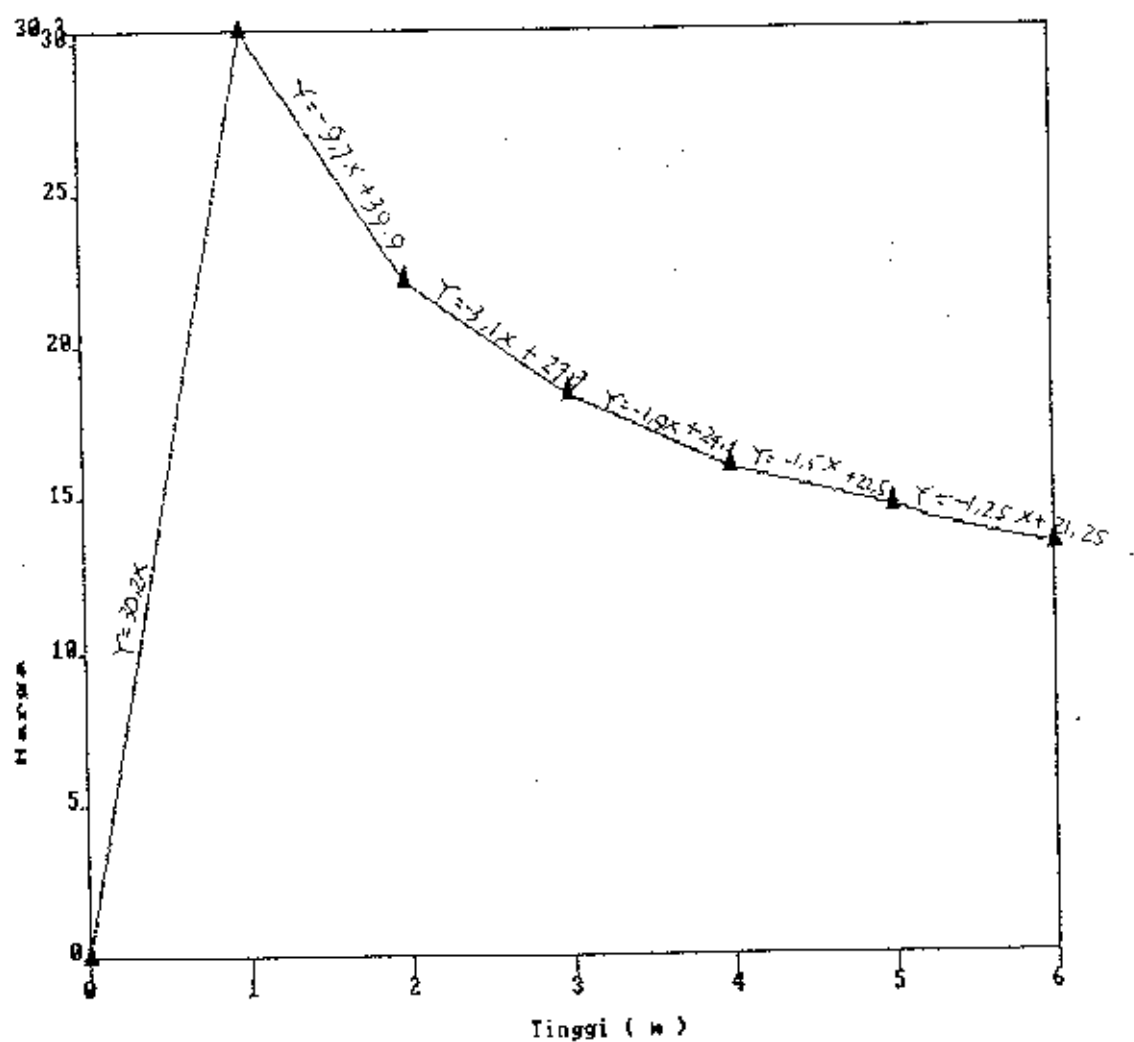
Gambar 5.28



Gambar 5.22







5.3.3 Penyelesaian Dengan Program Lindo

Program ini dipakai untuk mendapatkan ketinggian bangunan dengan tampungan tertentu, yang mampu menampung sejumlah sediment yang perlu dikendalikan dengan harga minimal. Perhitungan dilakukan tiap daerah basic point.

LINDO/PC

(Linear Interactive aNd Discrete Optimizer)

for the

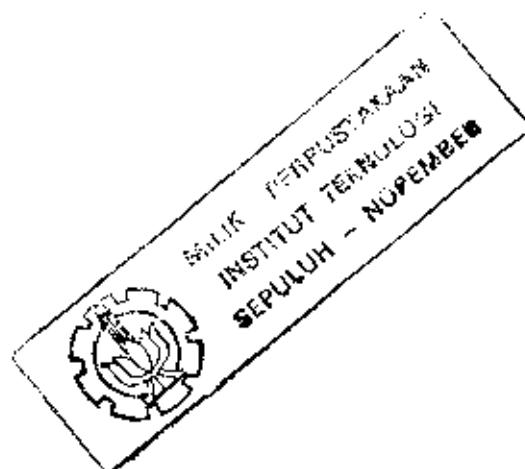
IBM PC

Copyright(C) 1984

LINDO Systems, Inc.

3.3.1 K. Besuk Koboan

MIN 395993X1+533736X2+567000X3+756000X4-40551Z1-53574Z2-45900Z3-6074215
? ST
? X1+X2+X3+X4<=30
EXPECTING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"
ROW 1 IS CURRENT LAST ROW
? ST
? X1+X2+X3+X4<=30
? X1+X2+X3+X4+Z1+Z2+Z3<=42
? 15714X1+21180X2+22500X3+30000X4<=670458
? 15714X1+21180X2+22500X3+30000X4+13252Z1+17508Z2+15000Z3<=853498
? X1>4.5
? X1<=7.5
? X2>4.5
? X2<=7.5
? X3>4.5
? X3<=7.5
? X4>4.5
? X4<=7
? Z1>3.5
? Z1<=4
? Z2>3.5
? Z2<=4
? Z3>3.5
? Z3<=4



OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 9577180.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	4.500000	.000000
X2	4.500000	.000000
X3	4.500000	.000000
X4	4.500000	.000000
Z1	4.000000	.000000
Z2	4.000000	.000000
Z3	4.000000	.000000
ST	.000000	-6074215.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	12.000000	.000000
3)	12.000000	.000000
4)	268185.000000	.000000
5)	268185.000000	.000000
6)	.000000	-395993.000000
7)	3.000000	.000000
8)	.000000	-533736.000000
9)	3.000000	.000000

--More--

10)	.000000	-567000.000000
11)	3.000000	.000000
12)	.000000	-756000.000000
13)	2.500000	.000000
14)	.500000	.000000
15)	.000000	40551.000000
16)	.500000	.000000
17)	.000000	53574.000000
18)	.500000	.000000
19)	.000000	45900.000000

781143X1+1052858X2+1118475X3+1491300X4-12310Z1-16252Z2-13940Z3-19351583

2+X3+X4<=42

ING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"
1 IS CURRENT LAST ROW

2+X3+X4<=42

2+X3+X4+Z1+Z2+Z3<=55.5

1X1+31770X2+33750X3+45000X4<=1620843

1X1+31770X2+33750X3+45000X4+15012Z1+19820Z2+17000Z3<=1744057

7.5

=10.5

7.5

=10.5

7.5

=10.5

7.5

=10.5

4

=4.5

4

=4.5

4

=4.5

1298846X1+1750315X2+1859400X3+2479200X4-13737Z1-18188Z2-15580Z3-43520333

2+X3+X4<=54

ING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

1 IS CURRENT LAST ROW

2+X3+X4<=54

2+X3+X4+Z1+Z2+Z3<=69

9X1+42360X2+45000X3+60000X4<=1543302

9X1+42360X2+45000X3+60000X4+16752Z1+22180Z2+19000Z3<=2888934

0.5

13.5

0.5

13.5

0.5

13.5

0.5

13.5

.5

5

.5

5

.5

5

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 63555460.0

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	10.500000	.000000
X2	10.500000	.000000
X3	10.500000	.000000
X4	4.933625	.000000
Z1	4.500000	.000000
Z2	4.500000	.000000
Z3	4.500000	.000000
ST	.000000	.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	17.566380	.000000
3)	19.066380	.000000
4)	.000000	.000017
5)	1084938.000000	.000000
6)	.000000	-.523817
7)	3.000000	.000000
8)	.000000	-.706000
9)	3.000000	.000000

10)	.000000	-.750000
11)	3.000000	.000000
12)	-5.566375	-1.000000
13)	8.566375	.000000
14)	.000000	.000000
15)	.500000	.000000
16)	.000000	.000000
17)	.500000	.000000
18)	.000000	.000000
19)	.500000	.000000

NO. ITERATIONS= 7

193550X1+2614142X2+2777063X3+3702750X4-13737Z1-18188Z2-15580Z3-81811426

X2+X3+X4<=63

CTING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

1 IS CURRENT LAST ROW

X2+X3+X4<=63

X2+X3+X4+Z1+Z2+Z3<=78

286X1+52950X2+56250X3+75000X4<=3824724

288X1+52950X2+56250X3+75000X4+16752Z1+22180Z2+18000Z3<=3977175

>13.5

<=16.5

>13.5

<=16.5

>13.5

<=16.5

>13.5

<=16.5

>4.5

<=5

>4.5

<=5

>4.5

<=5

0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 125143800.

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	13.500000	.000000
X2	13.500000	.000000
X3	13.500000	.000000
X4	13.500000	.000000
Z1	5.000000	.000000
Z2	5.000000	.000000
Z3	5.000000	.000000
ST	.000000	-81811430.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	9.000000	.000000
3)	9.000000	.000000
4)	807663.000000	.000000
5)	670454.000000	.000000
6)	.000000	-193550.000000
7)	3.000000	.000000
8)	.000000	-2814142.000000
9)	3.000000	.000000
10)	.000000	-2777063.000000
11)	3.000000	.000000
12)	.000000	-3702750.000000
13)	3.000000	.000000
14)	.500000	.000000
15)	.000000	13737.000000
16)	.500000	.000000
17)	.000000	18188.000000
18)	.500000	.000000
19)	.000000	15580.000000

NO. ITERATIONS= 10

2503368X1+3370535X2+3584307X3+4779113X4-13737Z1-18188Z2-15580Z3-81395351

X2+X3+X4<=66

TING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

1 IS CURRENT LAST ROW

X2+X3+X4<=66

X2+X3+X4+Z1+Z2+Z3<=81

79X1+60829X2+64687X3+86250X4<=4239598

79X1+60829X2+64687X3+86250X4+16752Z1+22180Z2+19000Z3<=3173916

16.5

=18

16.5

=18

16.5

=18

16.5

=18

4.5

=5

4.5

=5

4.5

=5

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 161207900.

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	16.500000	.000000
X2	16.500000	.000000
X3	16.500000	.000000
X4	1.121791	.000000
Z1	4.500000	.000000
Z2	4.500000	.000000
Z3	4.500000	.000000
ST	.000000	.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	15.378210	.000000
3)	16.878210	.000000
4)	1326376.000000	.000000
5)	.000000	.000012
6)	.000000	-.523814
7)	1.500000	.000000
8)	.000000	-.705264
9)	1.500000	.000000

--More--

10)	.000000	-.749994
11)	1.500000	.000000
12)	-15.378210	-1.000000
13)	16.878210	.000000
14)	.000000	-.194226
15)	.500000	.000000
16)	.000000	-.257159
17)	.500000	.000000
18)	.000000	-.220290
19)	.500000	.000000

NO. ITERATIONS= 7



5.3.3.2 K. Curah Lengkong

LINDO/PC (UC 12 NOV 84)

COPYRIGHT(C) 1984 LINDO SYSTEMS, INC. PORTIONS
COPYRIGHT(C) 1981 MICROSOFT CORPORATION. LICENSED
MATERIAL, ALL RIGHTS RESERVED. COPYING EXCEPT AS
AUTHORIZED IN LICENSE AGREEMENT IS PROHIBITED.

L-192B, SITE LICENSE FOR SCHOOL OF MGMT, CORNELL UNIV

```
: MIN 498028X1+452778X2+543263X3+419535X4
? ST
? X1+X2+X3+X4<=18
? 32765X1+29788X2+35741X3+27601X4<=125895
? X1>0
? X1<=4.5
? X2>0
? X2<=4.5
? X3>0
? X3<=4.5
? X4>0
? X4<=4.5
? END
: GO
```

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) .000000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	.000000	498028.000000
X2	.000000	452778.000000
X3	.000000	543263.000000
X4	.000000	419535.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	18.000000	.000000
3)	125895.000000	.000000
4)	.000000	.000000
5)	4.500000	.000000
6)	.000000	.000000
7)	4.500000	.000000
8)	.000000	.000000
9)	4.500000	.000000
10)	.000000	.000000
11)	4.500000	.000000

NO. ITERATIONS= 0

--More--

INDO/PC (UC 12 NOV 84)

COPYRIGHT(C) 1984 LINDO SYSTEMS, INC. PORTIONS
COPYRIGHT(C) 1981 MICROSOFT CORPORATION. LICENSED
MATERIAL, ALL RIGHTS RESERVED. COPYING EXCEPT AS
AUTHORIZED IN LICENSE AGREEMENT IS PROHIBITED.

-192B, SITE LICENSE FOR SCHOOL OF MGMT, CORNELL UNIV

MIN 489283X1+444830X2+533736X3+412171X4-37093Z1-31267Z2-5160030
ST

X1+X2+X3+X4<=30

X1+X2+X3+X4<=18

EXPECTING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

ROW 1 IS CURRENT LAST ROW

ST

X1+X2+X3+X4<=30

X1+X2+X3+X4+Z1+Z2<=38

19416X1+17652X2+21180X3+16356X4<=559530

19416X1+17652X2+21180X3+16356X4+12122Z1+10218Z2<=648890

X1>4.5

X1<=7.5

X2>4.5

X2<=7.5

X3>4.5

X3<=7.5

X4>4.5

X4<=7.5

Z1>3.5

Z1<=4

Z2>3.5

Z2<=4

END

WARNING: PROBLEM IS POORLY SCALED. THE UNITS

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 8186650.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	4.500000	.000000
X2	4.500000	.000000
X3	4.500000	.000000
X4	4.500000	.000000
Z1	4.000000	.000000
Z2	4.000000	.000000
ST	.000000	-5160030.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	12.000000	.000000
3)	12.000000	.000000
4)	223812.000000	.000000
5)	223812.000000	.000000
6)	.000000	-489283.000000
7)	3.000000	.000000
8)	.000000	-444830.000000
9)	3.000000	.000000
10)	.000000	-533736.000000
11)	3.000000	.000000
12)	.000000	-412171.000000
13)	3.000000	.000000
14)	.500000	.000000
15)	.000000	37093.000000
16)	.500000	.000000
17)	.000000	31267.000000

LONG

8

L-192B, SITE LICENSE FOR SCHOOL OF MGMT, CORNELL UNIV

: MIN 965169X1+877481X2+1052858X3+813057X4-11288Z1-9517Z2-16180878

? ST

? X1+X2+X3+X4<=42

EXPECTING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

ROW 1 IS CURRENT LAST ROW

? ST

? X1+X2+X3+X4<=42

? X1+X2+X3+X4+Z1+Z2<=51

? 29124X1+26478X2+31770X3+24534X4<=1175013

? 29124X1+26478X2+31770X3+24534X4+13766Z1+11606Z2<=1289187

? X1>7.5

? X1<=10.5

? X2>7.5

? X2<=10.5

? X3>7.5

? X3<=10.5

? X4>7.5

? X4<=10.5

? Z1>4

? Z1<=4.5

? Z2>4

? Z2<=4.5

? END

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 27720620.0

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	7.500000	.000000
X2	7.500000	.000000
X3	7.500000	.000000
X4	7.500000	.000000
Z1	4.500000	.000000
Z2	4.500000	.000000
ST	.000000	-16180880.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	12.000000	.000000
3)	12.000000	.000000
4)	335718.000000	.000000
5)	335718.000000	.000000
6)	.000000	-965169.000000
7)	3.000000	.000000
8)	.000000	-877481.000000
9)	3.000000	.000000
10)	.000000	-1052858.000000
--More--		
11)	3.000000	.000000
12)	.000000	-813057.000000
13)	3.000000	.000000
14)	.500000	.000000
15)	.000000	11268.000000
16)	.500000	.000000
17)	.000000	9517.000000

NO. ITERATIONS= 8

192B, SITE LICENSE FOR SCHOOL OF MGMT, CORNELL UNIV

MIN 2396420X1+2178698X2+2614142X3+2018739X4-12589Z1-10611Z2-68314707
ST

X1+X2+X3+X4<=60

EXPECTING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

OW 1 IS CURRENT LAST ROW

ST

X1+X2+X3+X4<=60

X1+X2+X3+X4+Z1+Z2<=70

48540X1+44130X2+52950X3+40890X4<=2517885

48540X1+44130X2+52950X3+40890X4+1535221+12940Z2<=3218875

X1>13.5

X1<=16.5

X2>13.5

X2<=16.5

X3>13.5

X3<=16.5

X4>13.5

X4<=16.5

Z1>4.5

Z1<=5

Z2>4.5

Z2<=5

END

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 124192000.

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	13.500000	.000000
X2	13.500000	.000000
X3	13.500000	.000000
X4	13.500000	.000000
Z1	5.000000	.000000
Z2	5.000000	.000000
ST	.000000	-68314710.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	6.000000	.000000
3)	6.000000	.000000
4)	.000000	.000000
5)	559530.000000	.000000
6)	.000000	-2396420.000000
7)	3.000000	.000000
8)	.000000	-2178698.000000
9)	3.000000	.000000
10)	.000000	-2614142.000000
11)	3.000000	.000000
12)	.000000	-2018739.000000
13)	3.000000	.000000
14)	.500000	.000000
15)	.000000	12589.000000
16)	.500000	.000000
17)	.000000	10611.000000

NO. ITERATIONS= 8

25A+33.7B+35.8C+47.8D-.1E-.2F-.2G-813.9+24K+21.8L+26.1M+20.2N-.1O-.1E-68
CHAR OF VAR NAME MUST BE A LETTER...

FOLLOWING WAS INTERPRETED:

5A+33.7B+35.8C+47.8D-.1E-.2F-.2G-

THE REST OF LINE

1 IS CURRENT LAST ROW

+C+D<=66

ENTER "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

1 IS CURRENT LAST ROW

+C+D<=66

+C+D+E+F+G<=81

+ .6B+.8C+.9D<=42.4

+ .8B+.6C+.9D+.2E+.2F+.2G<=31.7

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

18

3.5

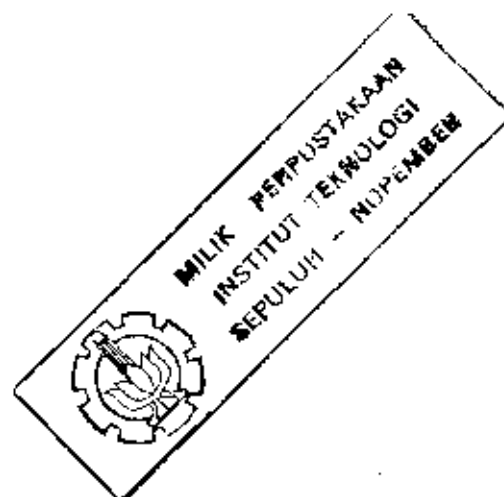
18

3.5

18

3.5

18



OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1607.45600

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
A	16.500000	.000000
B	16.500000	.000000
C	16.500000	.000000
D	1.055555	.000000
E	4.500000	.000000
F	4.500000	.000000
G	4.500000	.000000
ST	.000000	.000000
K	13.500000	.000000
L	13.500000	.000000
M	13.500000	.000000
N	13.500000	.000000
O	4.500000	.000000
P	4.500000	.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	15.444440	.000000
3)	16.944440	.000000
4)	13.400000	.000000
5)	.000000	1.111111
6)	.000000	-.555556
7)	1.500000	.000000
8)	.000000	-.666667
9)	1.500000	.000000
10)	.000000	-.666667
11)	1.500000	.000000
12)	-15.444440	-1.000000
13)	16.944440	.000000
14)	.000000	-.222222
15)	.500000	.000000
16)	.000000	-.222222
17)	.500000	.000000
18)	.000000	-.222222
19)	.500000	.000000
20)	6.000000	.000000
21)	7.000000	.000000
22)	.900001	.000000
23)	6.829999	.000000
24)	.000000	.000000
25)	3.000000	.000000
26)	.000000	.000000
27)	3.000000	.000000

--More--

--More--

28)	.000000	.000000
29)	3.000000	.000000
30)	.000000	.000000
31)	3.000000	.000000
32)	.000000	.000000
33)	.500000	.000000
34)	.000000	.000000
35)	.500000	.000000

NO. ITERATIONS= 13

3.3 K. Leprak

N 5.8X1+6.6X2+5.7X3-0.4Z1-0.4Z2-0.7Z3-0.7Z4-1.3Y1-4.1Y2-1.9S1-8.5S2-12.9

+X2+X3+Y1+Y2+S1+S2<=28.5

CTING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

1 IS CURRENT LAST ROW

+X2+X3+Y1+Y2+S1+S2<=28.5

+X2+X3+Y1+Y2+S1+S2+Z1+Z2+Z3+Z4<=44.5

X1+0.3X2+0.2X3+0.4Y1+1.8Y2+0.4S1+1.8S2<=7

2X1+0.3X2+0.2X3+0.4Y1+1.8Y2+0.4S1+1.8S2+0.1Z1+0.1Z2+0.2Z3+0.2Z4<=8.6

>4.5

<=7.5

>4.5

<=7.5

>4.5

<=7.5

>2.5

<=3

>2.5

<=3

>2.5

<=3

>2.5

<=3

>3.5

<=4

>3.5

<=4

>3.5

<=4

>3.5

<=4

ID

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 7.35000800

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	.500001	.000000
X2	.000000	.500000
X3	4.500000	.000000
Z1	3.500000	.000000
Z2	3.500000	.000000
Z3	3.500000	.000000
Z4	3.500000	.000000
Y1	2.500000	.000000
Y2	2.500000	.000000
S1	.000000	1.000000
S2	.000000	8.000000
ST	.000000	.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	18.500000	.000000
3)	20.500000	.000000
4)	.500000	.000000
5)	.000000	5.000000
6)	-3.999999	-1.000000
7)	6.999999	.000000
8)	-4.500000	-1.000000
9)	7.500000	.000000
10)	.000000	-1.000000
11)	3.000000	.000000
12)	.000000	-2.000000
13)	.500000	.000000
14)	.000000	-9.000000
15)	.500000	.000000
16)	-2.500000	-1.000000
17)	3.000000	.000000
18)	-2.500000	-1.000000
19)	3.000000	.000000
20)	.000000	-.500000
21)	.500000	.000000
22)	.000000	-.500000
23)	.500000	.000000
24)	.000000	-1.000000
25)	.500000	.000000
26)	.000000	-1.000000
27)	.500000	.000000

NO. ITERATIONS= 8

:

11.4X1+13.1X2+5.6X3-0.1Z1-0.1Z2-0.2Z3-0.2Z4-1.5Y1-4.1Y2+2.4S1+10.5S2-37

X2+X3+Y1+Y2+S1+S2<=45.5

TING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

1 IS CURRENT LAST ROW

X2+X3+Y1+Y2+S1+S2<=4.5

X2+X3+Y1+Y2+S1+S2+Z1+Z2+Z3+Z4<=63.5

X1+0.4X2+0.2X3+0.5Y1+2.1Y2+0.5S1+2.1S2<=11.5

X1+0.4X2+0.2X3+0.5Y1+2.1Y2+0.5S1+2.1S2+0.2Z1+0.2Z2+0.3Z3+0.4Z4<=13.6

7.5

=10.5

7.5

=10.5

7.5

=10.5

3

=3.5

3

=3.5

3

=3.5

3

=3.5

4

=4.5

4

=4.5

4

=4.5

4

=4.5

4

=4.5

KN 19X1+21.7X2+18.6X3-.1Z1-.1Z2-.3Z3-.2Z4-1.7Y1-2.7Y2+8.1S2+2.7S1-13.2

1+X2+X3+Y1+Y2+S1+S2<=56.5

ECTING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

1 IS CURRENT LAST ROW

1+X2+X3+Y1+Y2+S1+S2<=56.5

1+X2+X3+Y1+Y2+S1+S2+Z1+Z2+Z3+Z4<=76.5

5X1+.5X2+.5X3+.6Y1+2.5Y2+2.5S2+1.5S1<=17.4

5X1+.5X2+.5X3+.6Y1+2.5Y2+2.5S2+1.5S1+.2Z1+.2Z2+.3Z3+.3Z4<=19.9

1>10.5

2<=13.5

2>10.5

1<=13.5

3>10.5

3<=13.5

1>3.5

1<=4

2>3.5

2<=4

1>3.5

1<=4

2>3.5

2<=4

1>4.5

1<=5

2>4.5

2<=5

3>4.5

3<=5

4>4.5

4<=5

ND

O

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 150.710000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	.000000	.000000
X2	.000000	.000000
X3	9.099999	.000000
Z1	4.500000	.000000
Z2	4.500000	.000000
Z3	4.500000	.000000
Z4	4.500000	.000000
Y1	3.500000	.000000
Y2	3.500000	.000000
S2	.000000	4.000000
S1	.000000	2.000000
ST	.000000	.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	40.400000	.000000
3)	42.400000	.000000
4)	2.000000	.000000
5)	.000000	2.000000
--More--		
6)	-10.500000	-1.000000
7)	13.500000	.000000
8)	-10.500000	-1.000000
9)	13.500000	.000000
10)	-1.400001	-1.000000
11)	4.400001	.000000
12)	.000000	-1.200000
13)	.500000	.000000
14)	.000000	-5.000000
15)	.500000	.000000
16)	-3.500000	-1.000000
17)	4.000000	.000000
18)	-3.500000	-1.000000
19)	4.000000	.000000
20)	.000000	-.400000
21)	.500000	.000000
22)	.000000	.400000
23)	.500000	.000000
24)	.000000	-.800000
25)	.500000	.000000
26)	.000000	-.600000
27)	.500000	.000000

NO. ITERATIONS= 7

:

28.3X1+32.4X2+27.8X3-.1Z1-.1Z2-.3Z3-.2Z4-1.1Y1-4.2Y2-2.2S2-5.5S1-12.7

X2+X3+Y1+Y2+S1+S2<=63

TING "SUBJECT TO"... ENTER THAT OR "END"

1 IS CURRENT LAST ROW

X2+X3+Y1+Y2+S1+S2<=63

X2+X3+Y1+Y2+S1+S2+Z1+Z2+Z3+Z4<=83

1+.7X2+.6X3+.6Y1+2.5Y2+.6S1+2.5S2<=17.4

1+.7X2+.6X3+.6Y1+2.5Y2+.6S1+2.5S2-.1Z1-.1Z2-.3Z3-.2Z4<=24.8

13.5

=16.5

13.5

=16.5

13.5

=16.5

4.5

=5

4.5

=5

4.5

=5

4.5

=5

4.5

=5

4.5

=5

4.5

=5

4.5

=5

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 132.850000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	.000000	.000000
X2	.000000	.166667
X3	5.750000	.000000
Z1	4.500000	.000000
Z2	4.500000	.000000
Z3	4.500000	.000000
Z4	4.500000	.000000
Y1	4.500000	.000000
Y2	4.500000	.000000
S2	.000000	3.166667
S1	.000000	.000000
ST	.000000	.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	48.250000	.000000
3)	50.250000	.000000
4)	.000000	1.666667
5)	10.550000	.000000
6)	-13.500000	-1.000000
7)	16.500000	.000000
8)	-13.500000	-1.000000
9)	16.500000	.000000
10)	-7.750000	-1.000000
11)	10.750000	.000000
12)	.000000	-1.000000
13)	.500000	.000000
14)	.000000	-4.166667
15)	.500000	.000000
16)	-4.500000	-1.000000
17)	5.000000	.000000
18)	-4.500000	-1.000000
19)	5.000000	.000000
20)	.000000	.000000
21)	.500000	.000000
22)	.000000	.000000
23)	.500000	.000000
24)	.000000	.000000
25)	.500000	.000000
26)	.000000	.000000
27)	.500000	.000000

NO. ITERATIONS= 7

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 33137060.0

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	7.500000	.000000
X2	7.500000	.000000
X3	7.500000	.000000
X4	7.500000	.000000
Z1	4.500000	.000000
Z2	4.500000	.000000
Z3	4.500000	.000000
ST	.000000	-19351580.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	12.000000	.000000
3)	12.000000	.000000
4)	615160.500000	.000000
5)	505130.500000	.000000
6)	.000000	-781143.000000
7)	3.000000	.000000
8)	.000000	-1052858.000000
9)	3.000000	.000000

--More--

10)	.000000	-1118475.000000
11)	3.000000	.000000
12)	.000000	-1491300.000000
13)	3.000000	.000000
14)	.500000	.000000
15)	.000000	12310.000000
16)	.500000	.000000
17)	.000000	16252.000000
18)	.500000	.000000
19)	.000000	13940.000000

NO. ITERATIONS= 10

:

B A B - VI

Kesimpulan Dan Saran

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa yang berdasarkan data-data yang tersedia secara garis besar dapat disimpulkan bahwa kondisi daerah aliran sungai Rejali merupakan daerah aliran sungai yang cukup berat dalam mengalirkan / mengangkut sediment dari hasil letusan gunung Semeru.

Dari keempat daerah basic point, daerah aliran sungai Besuk Koboan merupakan daerah yang paling rawan bila dibandingkan dengan ketiga daerah basic point lainnya, sebagai jalur transportasi lahar daerah aliran sungai Besuk Koboan juga menampung sediment dari K. Curah Lengkong. Sehingga akan memperberat kondisi daerah ini dengan makin banyaknya sediment yang mengalir kehilir sungai ini, yang menyebabkan dasar sungai akan semakin curam.

Pada studi ini penyelesaian untuk analisa programik yang sesuai adalah dengan menggunakan dinamik programik, untuk mendekati penyelesaian tersebut digunakan linier programik dengan membuat range ketinggian untuk masing-masing bangunan, yang kemudian dicari hubungan liniernya antara ketinggian dan cost serta ketinggian dengan volume tampungan. Sehingga didapatkan hubungan linier sebagai berikut :

A. Harga

A.1. Check Dam

ketinggian check dam	hub. linier harga - tinggi
$0 < x \leq 4.5$	$15.2 x$
$4.5 < x \leq 7.5$	$25.2 x - 45.06$
$7.5 < x \leq 10.5$	$33.14 x - 104.17$
$10.5 < x \leq 13.5$	$41.32 x - 190$

A.2 Consolidasi Dam

ketinggian consolidasi dam	hub. linier harga - tinggi
$3.5 < x \leq 4.$	$-3.06 z + 75.36$
$4. < x \leq 4.5$	$-0.82 z + 66.4$
$4.5 < x \leq 5$	$-0.82 z + 66.4$

Kantong Lahar

ketinggian kantong lahar	hub. linier harga - tinggi
$2 < y \leq 2.5$	$-3.1 y + 27.7$
$2.5 < y \leq 3.0$	$-3.1 y + 27.7$
$3.0 < y \leq 3.5$	$-1.9 y + 24.1$
$4 < y \leq 4.5$	$-1.5 y + 22.5$

Tanggul

ketinggian kantong lahar	hub. linier harga - tinggi
$2 < s \leq 2.5$	$-46.6 s + 178.7$
$2.5 < s \leq 3.0$	$-46.6 s + 178.7$
$3.0 < s \leq 3.5$	$48.9 s + 108.3$
$4 < s \leq 4.5$	$48.9 s + 108.3$

$$4 < s \leq 5$$

$$-7.79 s + 53.23$$

B. Volume Tampungan

Untuk hubungan linier tampungan masing-masing daerah basic point tertera pada input dari program lindo, yang merupakan constarin dari pada masing-masing ketinggian.

Dari hasil analisa linier programic didapatkan sistim pengendalian pada DAS Rejali sebagai berikut :

K. Besuk Koboan :

- Check Dam 1 (x11) = 17.5 m
- Check Dam 2 (x12) = 16.5 m
- Check Dam 3 (x13) = 16.5 m
- Consolidasi Dam 1 (z11) = 4.5 m
- Consolidasi Dam 2 (z12) = 4.5 m
- Consolidasi Dam 3 (z13) = 4.5 m

K. Curah Lengkong :

- Check Dam 1 (x21) = 13.5 m
- Check Dam 2 (x22) = 13.5 m
- Check Dam 3 (x23) = 13.5 m
- Check Dam 4 (x24) = 13.5 m
- Consolidasi Dam 1 (z21) = 5 m
- Consolidasi Dam 2 (z22) = 5 m

K. Leprak :

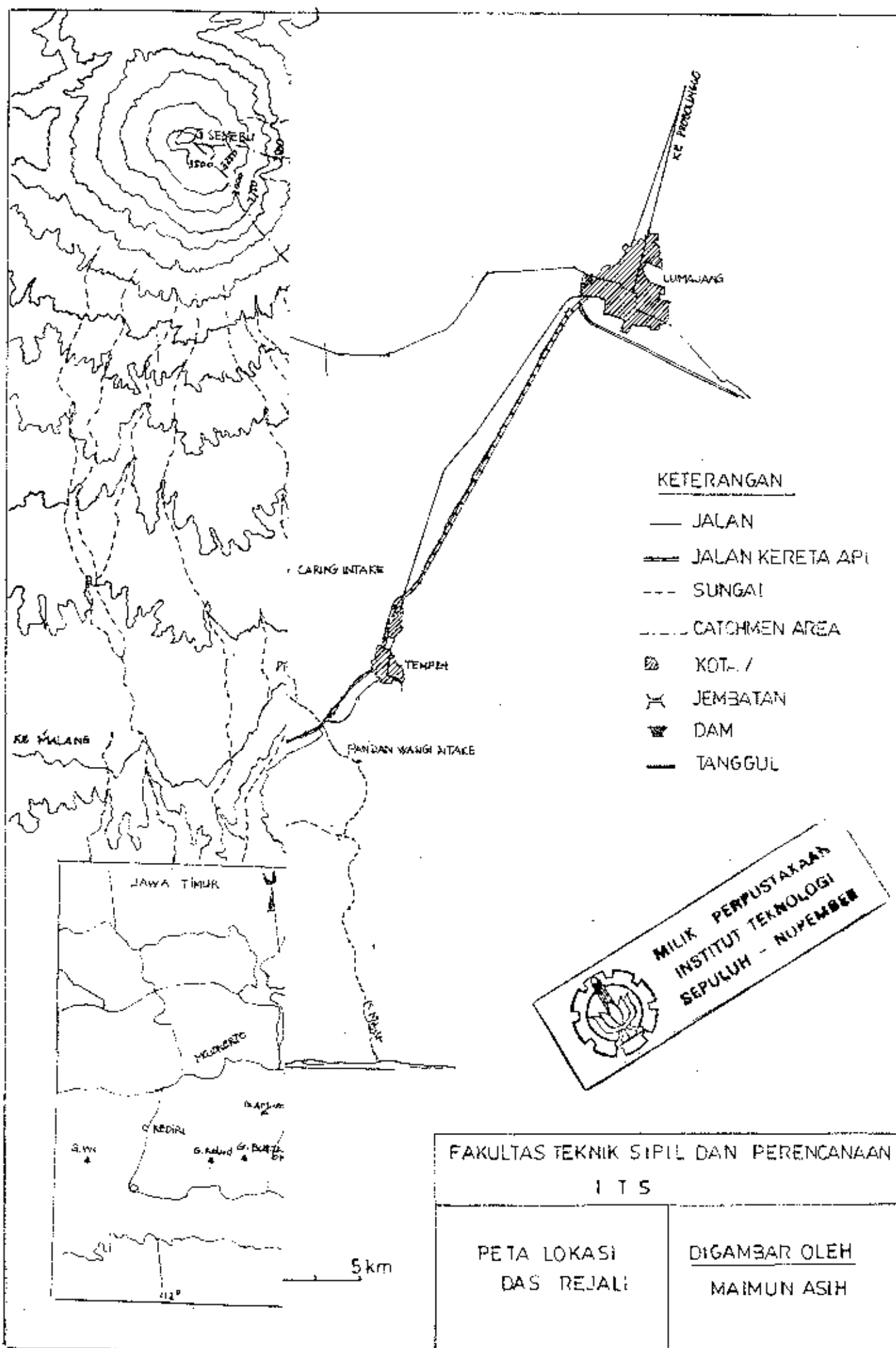
- Check Dam 3 (x31) = 6 m
- Consolidasi Dam 1 (z31) = 4.5 m

- Consolidasi Dam 2 (z32) = 4.5 m
- Consolidasi Dam 3 (z33) = 4.5 m
- Consolidasi Dam 4 (z34) = 4.5 m
- Kantong Lahar 1 (y1) = 4.5 m
- Kantong Lahar 2 (y2) = 4.5 m

6.2 Saran-Saran

- * Mengingat tidak adanya data / informasi tentang letak penempatan konsolidasi dam, diasumsikan jarak konsolidasi dam dari check dam \pm 1.2 km, tentulah hal ini kurang tepat. Untuk itu perlu kiranya studi lebih lanjut tentang letak konsolidasi dam terhadap bangunan check dam, agar fungsi dari bangunan tersebut dapat dicapai dengan baik.
- * Pada pemilihan daerah basic point dirasa kurang begitu sempurna, diharapkan dari topografi dapat ditentukan daerah basic point yang benar-benar merupakan daerah yang perlu ditanggulangi untuk studi penanggulangan sediment yang ada di daerah aliran sungai Rejali.
- * Untuk mendapatkan hubungan yang lebih sempurna antara ketinggian dan harga dari masing-masing bangunan diperlukan data yang lebih lengkap, sehingga penyelesaian dari analisa programic akan mendapatkan hasil lebih baik.

- Dari hasil analisa ketinggian dan harga serta volume tampungan mempunyai hubungan non linier, penyelesaian yang lebih sesuai untuk analisa ini adalah dengan menggunakan dinamic programic, sehingga akan didapatkan hasil yang lebih sempurna untuk sistim pengendalian ini.
- Dalam perhitungan total sediment transport yang merupakan jumlah dari bed load dan suspended load, nilai yang didapatkan akan merupakan harga yang mendekati kenyataan, bila hal ini ditunjang data penyelidikan suspended load. Untuk mendapatkan hasil tersebut perlu dilakukan penyelidikan lapangan.



KETERANGAN

- JALAN
- == JALAN KERETA API
- SUNGAI
- CATCHMEN AREA
- ▨ KOT. /
- X JEMBATAN
- ▩ DAM
- +— TANGGUL



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

ITS

PETA LOKASI
DAS REJALI

DIGAMBAR OLEH
MAIMUN ASIH

DAS. GLIDIK

- | | |
|------------|----------------------|
| SAT I | 1 TANGGUL UMBUL SARI |
| IV | 2 WARENG |
| III | 3 BS. BANG |
| II | 4 BS. SARAT 2+3 |
| UR | 5 BS. SARAT 1 |
| GENG BAWAH | 6 BS. SARAT 4+5 |
| JOSARI | 7 KRIB WARENG 1 |
| | 8 KRIB WARENG 2 |
| | 9 KRIB BS. SARAT |

MT. SEMERU



SAT
BERSARI
ANWANGI
NYONO
ING CARING
K. S. K.
NG 1
NG 2

DAS. REJALI

- SOLIDASI DAM LEPRAK
CK DAM LEPRAK
SOLIDASI DAM CURAH KOBOAN
CK DAM CURAH KOBOAN
GGUL LEPRAK 10
9
8
2+3+5+6+11
1+7
4
B SWAKELOLA
B LEPRAK
AKE BANJ SCHEM
RAHAYU
TALANG

GAMBAR 2.1

FASILITAS BANGUNAN PENGENDALI
YG DIBANGUN PROYEK. G. SEMERU

CATMENT AREA
DAS REJALI

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN

ITS

SISTIM PENGENDALIAN
BANJIR LAHAR

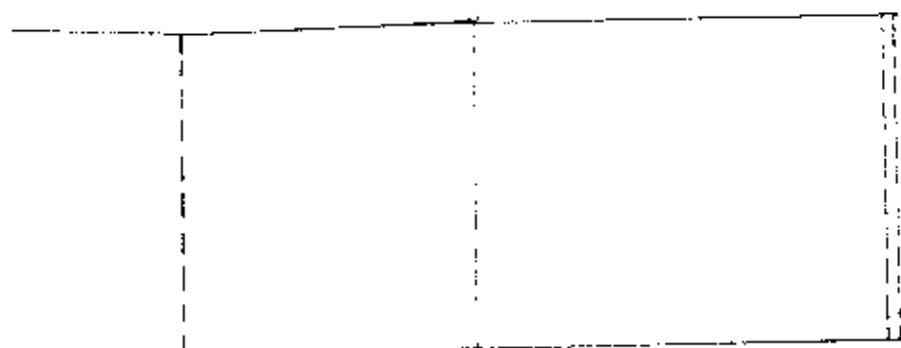
DAS REJALI
LUMAJANG

DIGAMBAR OLEH
MAIMUN ASIH

57.6 km²

44.825 km²

Sumber Wana



10.42

19.42

17.17

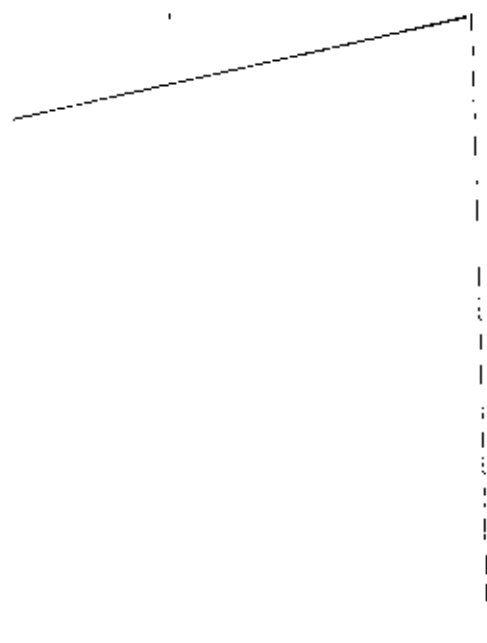
Jerckl

Elevasi
tanah

495.4

497.8

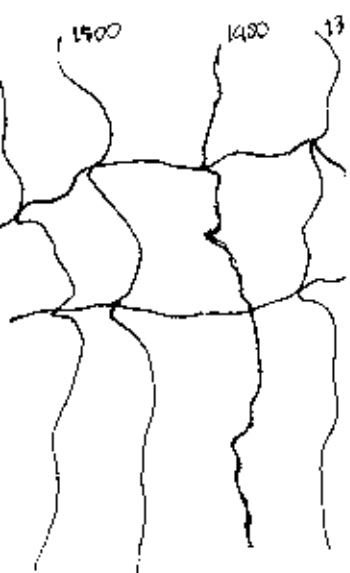
495.1



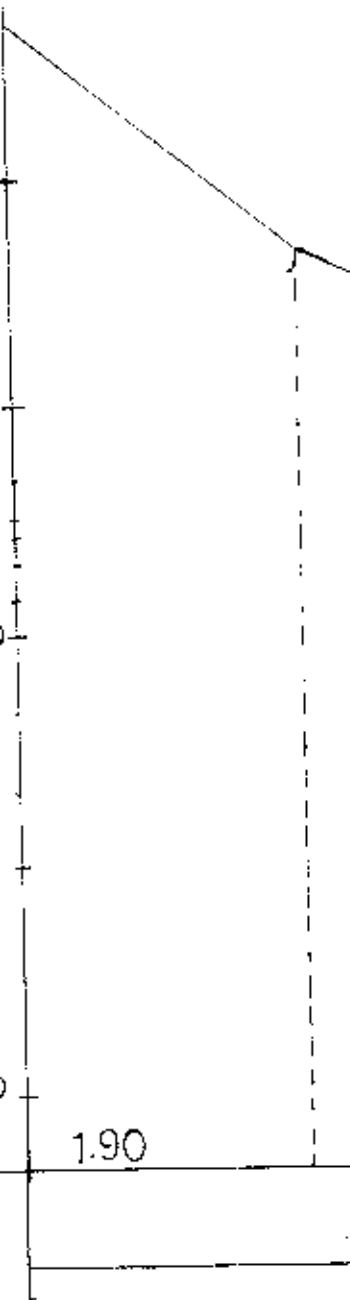
664.52

Elev
tanah





elevasi (m)



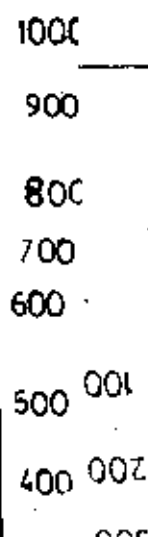
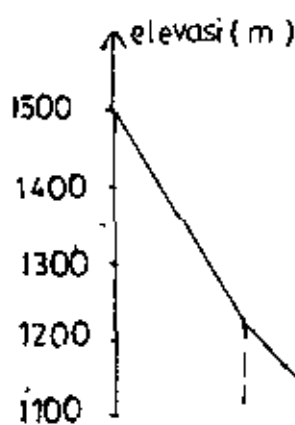
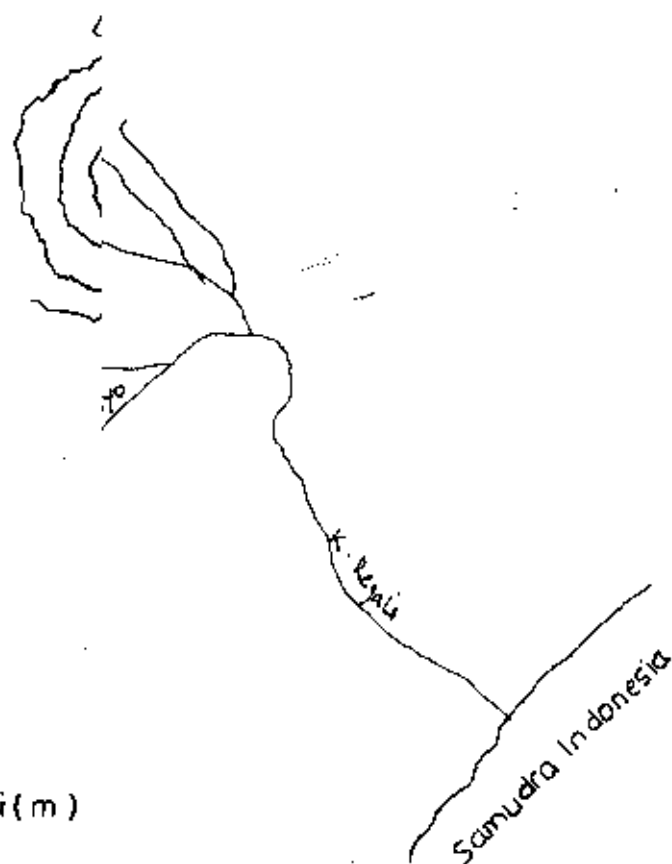
TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
ITS

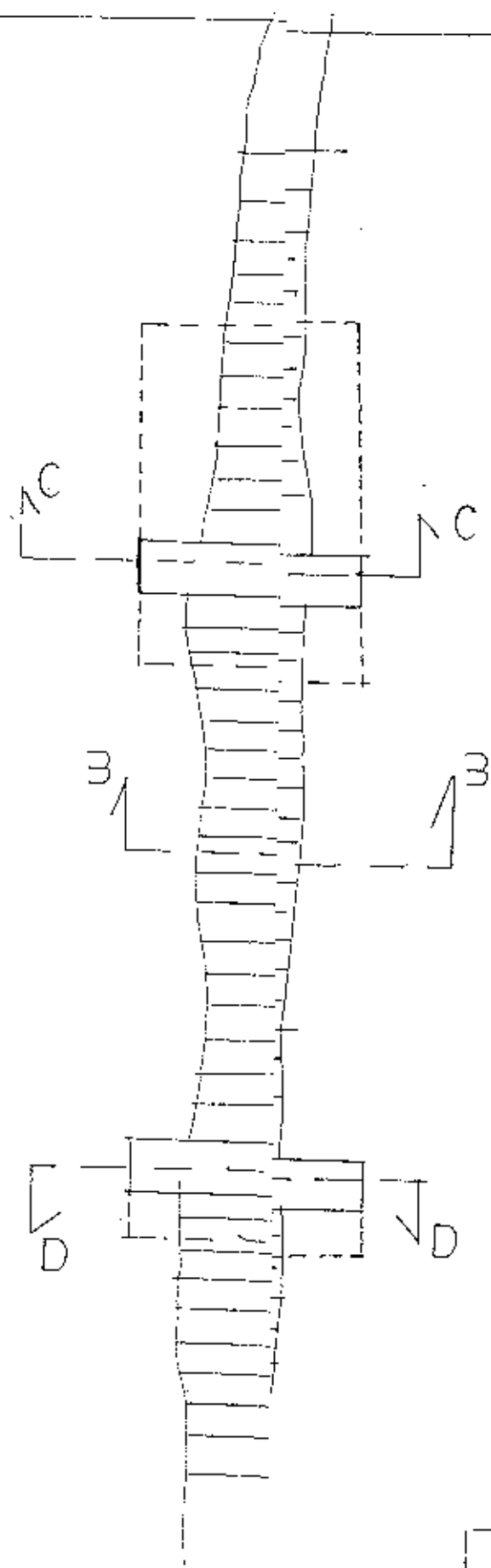
MEMANJANG
AH LENGKONG

SKALA
H = 1:100000
V = 1:10000

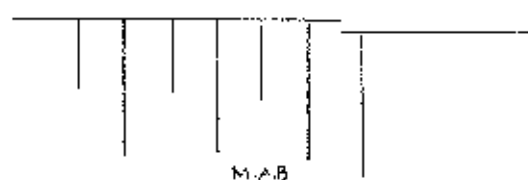
131

131





TYPYCAL CHECK DAM
K BESUK KOBOAN



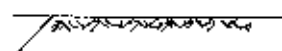
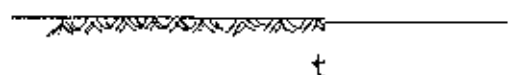
KETERANGAN

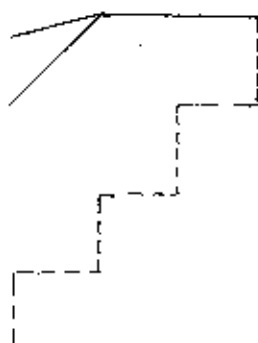
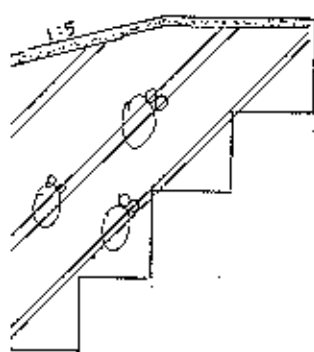
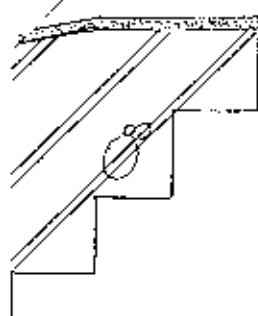
h = Tinggi Check Dam

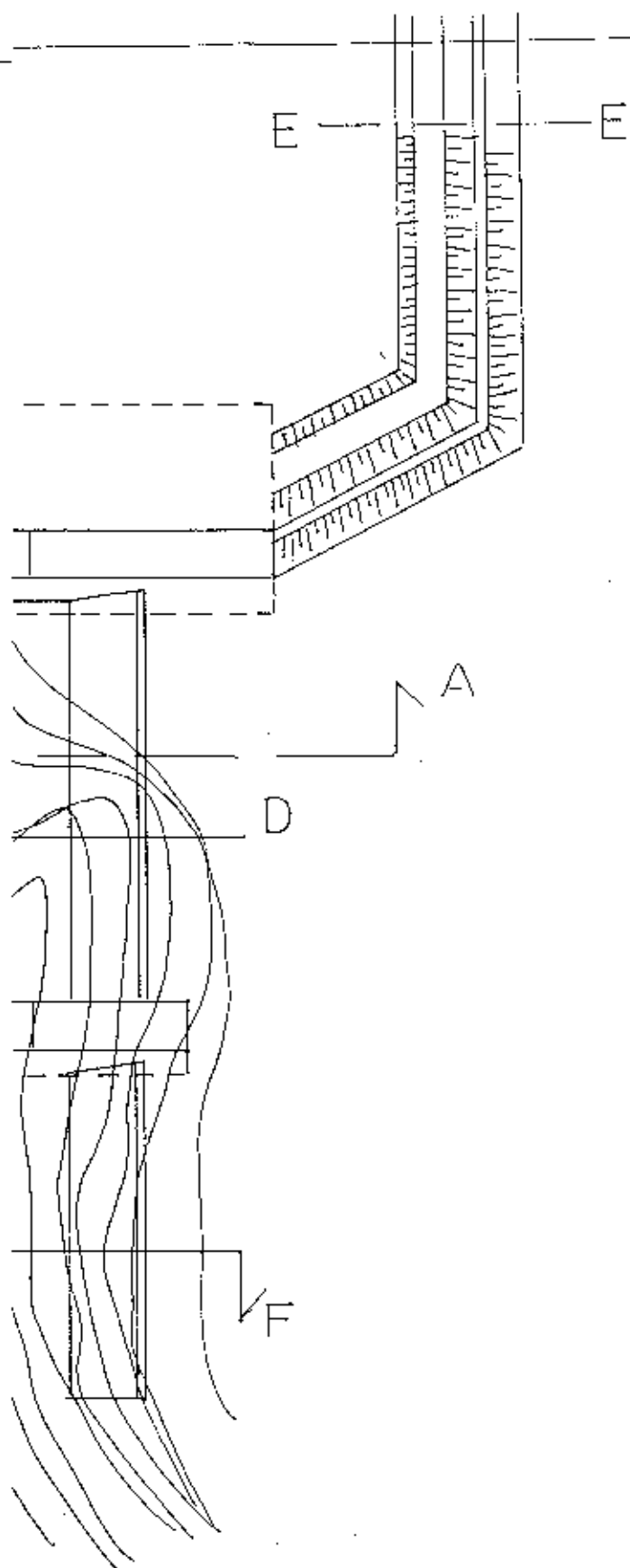
t = Kedalaman pondasi

d = Tebal Apron

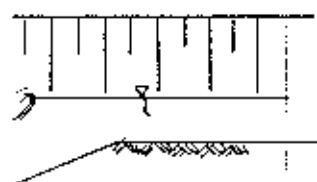
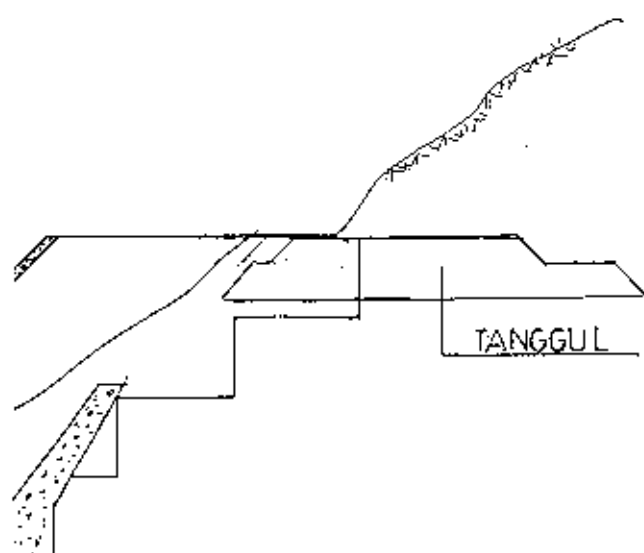
L = Jarak Main Dam - Sub Dam





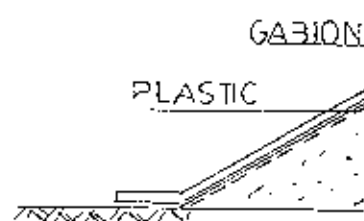


TYPYCAL KANTONG LAHAR
K LEPRAK

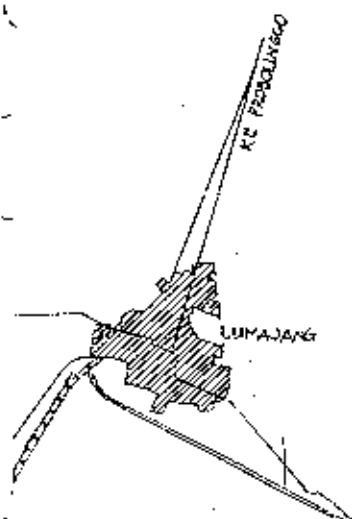
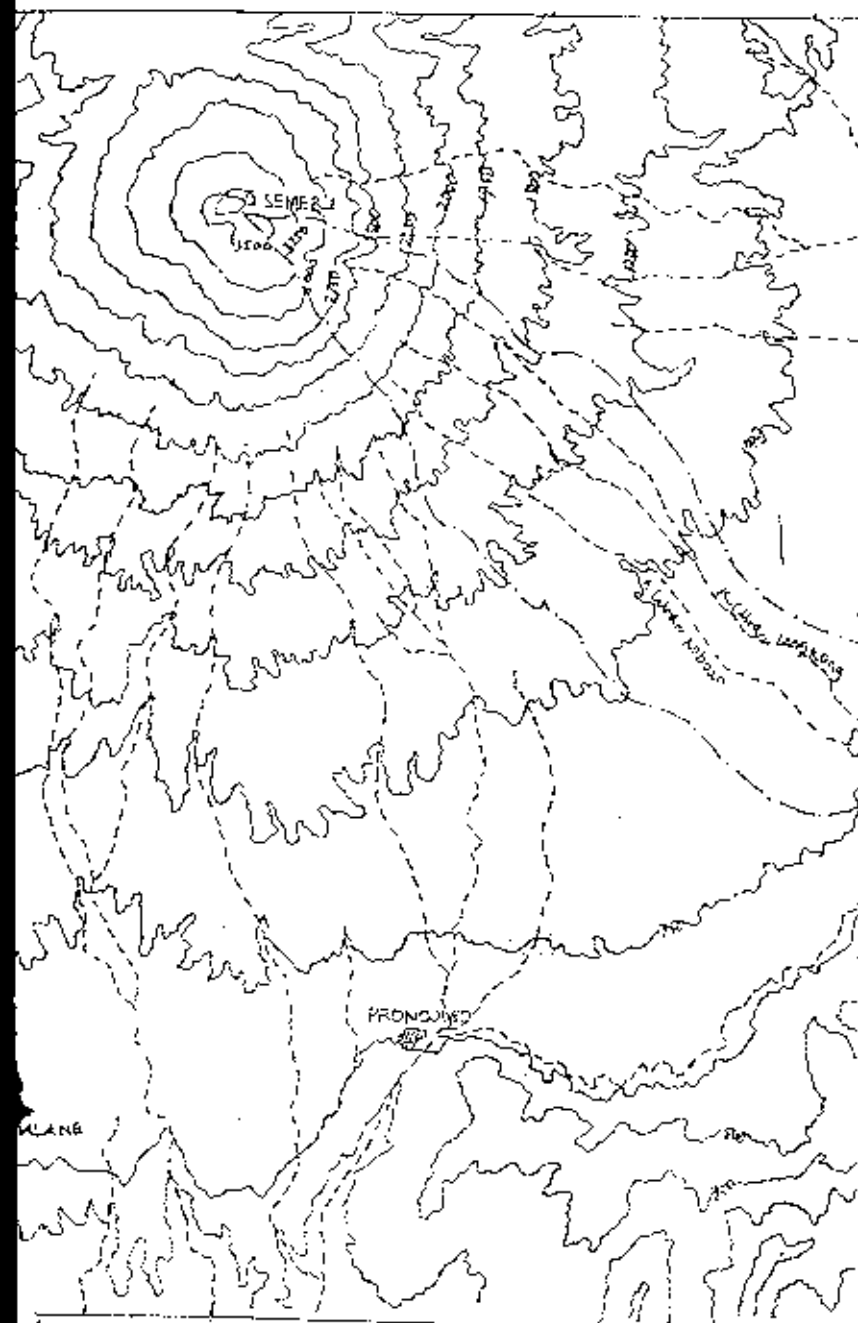


KETERANGAN

- h = Tinggi k.lahar
- b = Lebar spillway
- t = Tinggi pondasi
- m = Kemiringan hulu
main dam = $t:0,5$
- n = Kemiringan hilir
main dam = $t:0,2$
- r = Kemiringan hilir
sub dam = $t:0,2$

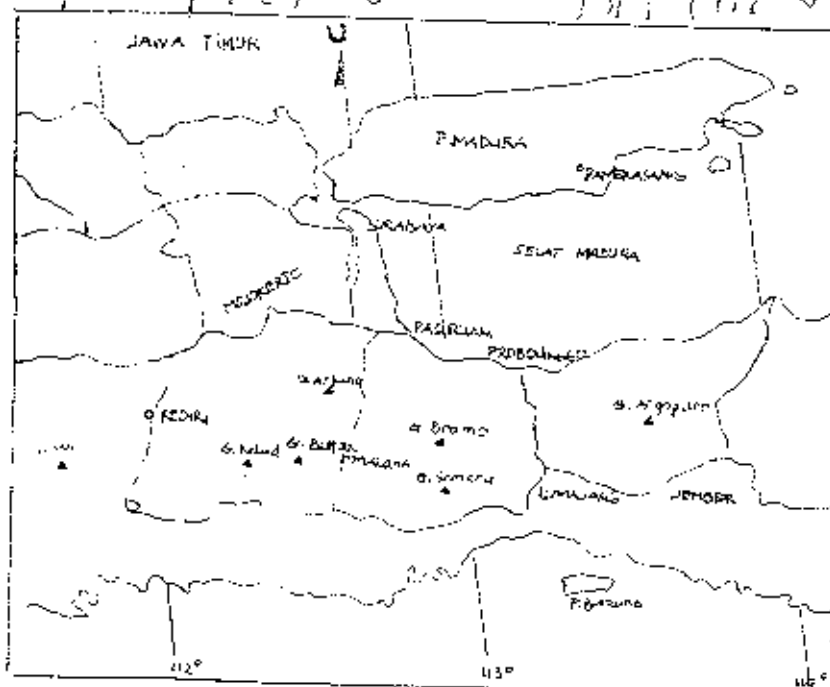


STAKAAN
TEKNOLOGI
11 - NOPEMBER



KETERANGAN

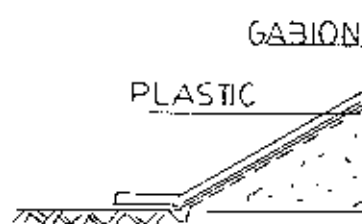
- JALAN
- JALAN KERETA API
- SUNGAI
- CATCHMEN AREA
- KOTA /
- X JEMBATAN
- ▣ DAM
- TANGGUL



TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
ITS

LOKASI
REJALI

DIGAMBAR OLEH
MAIMUN ASIH



STAKAAN
TEKNOLOGI
11 - NOPEMBER

Daftar Pustaka

1. Supporting Report 1, The Feasibility Study On The Volcanic Debris Control And Water Conservation Project In The Southeastern Slope Of Mt. Semeru, JICA.
2. Supporting Report 5, The Feasibility Studi On The Volcanic Debris Control And Water Conservation Project In The Southeastern Slope Of Mt. Semeru, JICA.
3. Hidrologi Teknik, Ir CD Sumarto, B. I. E Dipl. H.
4. Hidrologi Untuk Insinyur, Rey K. Linsley JR, Ir Yandi Hermawan.
5. Sediment Transport, Ir Bambang Suyadi
7. Sabo Fasilitas Planning, Proyek Gunung Semeru.
8. Penyelidikan K. Curah Koboan - K. Rejali, Fakultas Teknik Universitas Gaja Mada.
9. Pengantar Methode Statistik, Anto Dajan.
10. Linear Programming, Marwan Asri, Wahyu Widayat.